

**EVALUACIÓN DE UN ALIMENTO DESARROLLADO POR FERMENTACIÓN EN
ESTADO SÓLIDO (FES), SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS
HOLSTEIN EN PASTOREO, SUPLEMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES
DE INCLUSIÓN DE FES-PAPA**

LAURINT ALFONSO BARBOSA

201021353

IVÁN MERARDO GARCÍA DAZA

201011213

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TUNJA

2016

**EVALUACIÓN DE UN ALIMENTO DESARROLLADO POR FERMENTACIÓN EN
ESTADO SÓLIDO (FES), SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS
HOLSTEIN EN PASTOREO, SUPLEMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES
DE INCLUSIÓN DE FES-PAPA**

LAURINT ALFONSO BARBOSA

201021353

IVÁN MERARDO GARCÍA DAZA

201011213

Director del trabajo:

LUIS MIGUEL BORRÁS SANDOVAL

Esp., Mg., PhD

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
TUNJA
2016

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que estuvieron presentes a lo largo de nuestro proceso de aprendizaje y crecimiento profesional que con su esfuerzo y dedicación han hecho de nosotros profesionales idóneos, capaces de asumir grandes retos laborales.

A nuestras familias por ser nuestra base fundamental en este proceso trascendental en la vida de cualquier persona que desea superarse a nivel personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos enormemente a nuestros padres quienes han sido soporte y acompañamiento en este proceso académico determinante para el futuro de cada uno de nosotros contribuyendo con una formación personal y profesional integra.

Damos un especial agradecimiento a nuestro director de tesis el Doctor Luis Miguel Borrás, quien en todo momento estuvo dispuesto a colaborarnos en las diferentes adversidades que se iban presentando a lo largo de este estudio, aportando sus conocimientos y experiencias para desarrollar un trabajo de gran utilidad para la ganadería de la región y del país.

Al señor Juan Ruiz propietario de la Hacienda el Valle quien nos permitió realizar la presente investigación con algunos animales de su hato.

RESUMEN

La papa es uno de los principales monocultivos de Boyacá, y cerca del 30% de la producción no es apta para su comercialización y por mucho tiempo ha sido utilizada en la alimentación animal de forma directa. Este trabajo muestra la evaluación de un alimento elaborado bajo la tecnología de fermentación en estado sólido, FES-papa, y su respuesta productiva comparándola con un concentrado comercial usado ampliamente en la ganadería de la región. El estudio se realizó en la hacienda el valle, finca san José, de la vereda Poravita del municipio de Oicata. Se tomaron 3 vacas de edades y etapa de lactancia similares, las cuales fueron suplementadas con 3 dietas así: dieta control o tratamiento 1, T1= 6 gr/kg pv de concentrado, tratamiento 2, T2= 6 gr/kg pv de alimento FES-papa, tratamiento 3, T3= 9 gr/kg pv de alimento; los parámetros productivos evaluados fueron producción de leche diaria kg/día, composición de la leche y ganancia de peso diaria; obteniendo como resultado que el alimento FES-papa se comportó de manera similar al alimento concentrado comercial, exceptuando la ganancia de peso diaria donde T3 logro una ganancia diaria de peso superior a los 1000 gr/día; por otro lado se evaluaron parámetros serológicos como glucosa, proteínas totales, colesterol, pH y cetonas, sin encontrar mayores diferencias entre los diferentes tratamientos.

Palabras clave: Alimentación, bovinos, producción de leche diaria, ganancia diaria de peso, composición de la leche, parámetros serológicos, glucosa, cetonas, pH, colesterol, proteínas totales.

ABSTRACT

The potato is one of the main monocultures of Boyacá, and about 30% of production is not suitable for marketing and has long been used in animal feed directly. This work shows the evaluation of a food technology developed under solid state fermentation FES-papa, and productive response compared with a commercial concentrate widely used in animal husbandry in the region. The study was conducted on the farm the valley; Finca San Jose, the Poravita village in the municipality of Oicata. 3 cows age and stage similar lactation were taken, which were supplemented with three diets and control diet or treatment 1 T1 = 6 g / kg bw concentrate, treatment 2, T2 = 6 g / kg bw food FES-papa, treatment 3 T3 = 9 g / kg pv food; production parameters were evaluated daily milk production kg / day, milk composition and daily weight gain; resulting in the FES-papa food behaved similarly to commercial feed way, except for the daily weight gain where T3 achievement daily gain of more than 1000 g / day; on the other serological parameters as glucose, total protein, cholesterol, ketones and pH were evaluated, without encountering major differences between the different treatments.

Keywords: Feeding, daily milk production, daily gain, milk composition, serological parameters, glucose, ketones, pH, cholesterol, total protein.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
3. HIPÓTESIS Y VARIABLES	20
4. JUSTIFICACION	21
5. OBJETIVOS	24
5.1 OBJETIVO GENERAL	24
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
6. MARCO TEÓRICO	25
6.1 LA GANADERIA EN COLOMBIA	25
6.2 LA FERMENTACIÓN EN ESTADO SOLIDO	27
6.2.1 Parámetros de FES	28
6.3 CONDICIONES DEL MEDIO RETÍCULO-RUMINAL	32
6.4 LA ALIMENTACIÓN DE LA VACA	40
6.5 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS	43
6.6 ANALISIS DE QUIMICA SANGUINEA EN BOVINOS	52
6.6.1 consideraciones generales para una correcta toma de muestra.	52
6.6.1.2 Exámenes hematológicos.	52
6.6.1.3 Obtención de la muestra de sangre	53
6.6.1.4 Interpretación química sanguínea.	54
6.6.1.5 El colesterol y su relación con patologías de la producción en bovinos de leche .	61
7. METODOLOGÍA	70
7.1 MATERIALES Y MÉTODOS	70
7.1.1 Ubicación geográfica del trabajo de campo.	70
Tabla 4. ficha de los animales participantes del estudio.	71
7.1.2 Preparación del Alimento (Fes-papa).	71
7.1.3. Manejo de los Animales y su alimentación	72
7.1.4. Indicadores Bromatológicos en el Pasto y el Alimento FES	74
7.1.4.1. Porcentaje de humedad (%H)	74
7.1.4.2. Porcentaje de materia seca (%MS)	74
7.1.4.3. Porcentaje de cenizas (%CZ)	74
7.1.4.4. Porcentaje de fibra cruda (%FC)	74
7.1.4.5. Porcentaje de fibra en detergente neutro (%FDN)	75

7.1.4.6. Porcentaje de fibra en detergente acido (%FDA)	75
7.1.4.7. Porcentaje de proteína cruda (% PC)	75
7.1.4.8. Porcentaje de extracto etéreo (% EE).....	76
7.2.1 Técnica de extracción de sangre en bovinos.....	79
7.2.2 Lugar de extracción en bovinos.....	80
7.2.3. Análisis estadístico	81
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	97
8.1 EFECTO DEL ALIMENTO (FES) papa SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE.	82
8.2 EFECTO DEL ALIMENTO (FES) papa SOBRE LA CALIDAD DE LA LECHE.	85
8.3 EFECTO DEL ALIMENTO FES-papa SOBRE LA GANANCIA DE PESO DIARIA	90
8.4 CONSUMO DEL SUPLEMENTO	91
8.5 RESULTADOS SEROLOGICOS.....	91
8.6 IMPACTO ECONÓMICO DEL ALIMENTO FES-PAPA EN LOS HATOS LECHEROS	96
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFIA	101
ANEXOS	109

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aumento y disminución de colesterol	55
Tabla 2. Pruebas complementarias de colesterol	56
Tabla 3. Pruebas complementarias de glucosa	64
Tabla 4. ficha de los animales participantes del estudio.....	71
Tabla 5. composición del suplemento FES-papa.....	71
Tabla 6. composición bromatológica del alimento comercial.....	72
Tabla 7. análisis químico del forraje (kikuyo).	76
Tabla 8. análisis químico del alimento fes-papa.	77
Tabla 9. lugar de extracción de muestras sanguíneas en bovinos	80
Tabla 10. comportamiento productivo de las vacas en estudio suplementadas con 6 y 9 gr de fes-papa y 6 gr de concentrado.....	83
Tabla 11. Factor de corrección láctea (FCL) al 4% inicial.	84
Tabla 12. Factor de corrección láctea (FCL) al 4% final.....	85
Tabla 13. comparación de la calidad composicional de la leche con diferentes niveles de inclusión de FES-papa y concentrado.....	86
Tabla 14. comparación de la calidad composicional de la leche con diferentes niveles de inclusión de FES-papa y concentrado.....	87
Tabla 15. Influencia del alimento fes-papa sobre la ganancia diaria de peso.....	90
Tabla 16. variables de química sanguínea en el mes uno de estudio.....	95

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de nutrientes por kg de materia seca requerido para vacas lecheras, de acuerdo a su peso vivo y nivel de producción.	45
Cuadro 2. Biosíntesis del colesterol.	59
Cuadro 3. Lipomovilización.....	62

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Producción láctea inicial y final de las vacas en estudio.....	84
Grafica 2. calidad composicional inicial y final de la leche producida por las vacas en estudio.....	88
Grafica 3. calidad composicional inicial y final de la leche producida por las vacas en estudio.....	89
Grafica 4. Peso inicial y final de las vacas en estudio.	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la condición corporal y eficiencia del alimento para la producción de leche durante la lactancia.....	50
--	----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Almacenamiento de las materias primas.....	109
ANEXO B. Proceso de picado de la papa.....	110
ANEXO C. Proceso de picado de la papa.....	111
ANEXO D. Elaboración del alimento FES-papa.....	112
ANEXO E. Alimento FES-papa.....	113
ANEXO F. Empacado del alimento FES-papa.....	114
ANEXO G. Suplementación de las vacas con el alimento FES-papa.....	115
ANEXO H. Pesaje de la leche producida por las vacas en estudio.....	116
ANEXO I. Pesaje de las vacas en estudio con cinta pesadora.....	117

INTRODUCCION

La presente investigación muestra la problemática con respecto a los costos de producción en la ganadería Colombiana los cuales se ven representados en su gran mayoría por la alimentación, siendo esto importante a la hora de hablar de una explotación ganadera sostenible ya que la apertura de nuevos mercados trae consigo un alto nivel de competitividad para llegar a posicionarse en un mercado de tan grandes exigencias como lo es la lechería, por lo tanto se hace indispensable pensar en nuevas estrategias de alimentación, basadas en la utilización de subproductos de cosecha propios de la región como lo es la papa, que al transformarse mediante un proceso de fermentación en estado sólido, se obtiene un alimento energético-proteico a bajo costo haciendo de la ganadería un negocio eficiente, rentable y competitivo.

La principal característica de los alimentos elaborados mediante la tecnología de fermentación en estado sólido (FES), es que permite el aprovechamiento de materias primas naturales locales como lo es la papa, la cual puede contribuir de forma sustancial en la elaboración de alimentos para animales, permitiendo así sustituir ingredientes tradicionales en las dietas de estos, tal como el trigo, la soya y el maíz que día a día vienen cobrando mayor importancia en las grandes industrias las cuales utilizan dichas materias primas para la producción de biocombustibles ya que estos productos agrícolas destinados a la fabricación de biocombustible absorben tanto dióxido de carbono como el que emiten los escapes de los vehículos que los queman. Y a diferencia de las reservas petrolíferas subterráneas utilizadas tradicionalmente para fines tales como la fabricación de combustibles para motores, los biocombustibles son un recurso renovable ya que siempre es posible cultivar más para producir más biocombustible¹; es por ello que el uso del maíz, la soya y

¹ LEEN S, Biocombustibles, 2012, <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/biofuel-profile>, [Consultado: lunes 05 de septiembre de 2016]

el trigo tienen una mayor demanda no solo en la industria alimenticia sino también en la industria automotriz trayendo esto como consecuencia un incremento en el precio de las mismas y por ende el de los concentrados utilizados para la suplementación en bovinos.

Boyacá es un departamento que concentra gran parte de la producción láctea del centro del país; el cordón lechero de Boyacá inicia en Chiquinquirá continua en Tunja, Tuta, Sotaquirá, Paipa y Duitama en donde se ramifica hacia el norte hasta Belén y Cerinza y hacia el oriente incluyendo Sogamoso, Firavitoba e Iza hasta llegar a Pesca. Por su volumen, Boyacá es un departamento importante a nivel nacional en cuanto a la producción láctea, ya que produce 13 millones 330 mil litros diarios, aproximadamente, porcentaje importante para consolidar mejores y nuevos mercados en este sector económico²; por ello pensar en una alternativa de alimentación para bovinos es una excelente estrategia para disminuir costos de producción; por este motivo es una ventaja realizar dicho proyecto en Boyacá ya que este departamento está posicionado dentro de los principales productores de papa a nivel nacional, tanto así que cuenta con el 27% del área sembrada de papa en el país que corresponde a 34.880 hectáreas sembradas y 764.500 toneladas de producción anual³, convirtiéndose en el lugar adecuado para realizar un alimento cuya base sea la papa por su fácil adquisición, de esta forma permite al ganadero ser más eficiente y hacer de la lechería un negocio rentable, por lo cual los objetivos de esta investigación van más allá de la elaboración de un alimento, ya que pretende evaluar los diferentes cambios existentes entre la cantidad de alimento proporcionado a los animales y las variaciones en cuanto a la composición de la leche, ganancia de peso diario y producción láctea diaria, importantes a la hora de

² DEHAQUIZ Y, ZAMBRANO S, Diagnóstico situacional y ambiental de la cadena láctea del Departamento de Boyacá, 2012, Revista In Vestigium Ire. Vol. 5, p.p 37 – 46.

³ICA advierte sobre el riesgo sanitario en los cultivos de papa, cebolla y ajo que no se recojan a tiempo, 2013, <http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2013/ICA-advierte-sobre-el-riesgo-sanitario-en-los-cult.aspx>. [Consultado: viernes 01 de abril de 2016].

contemplar la posibilidad de un cambio de alimento ya implementado dentro de la explotación por otro teniendo en cuenta el factor costo beneficio.

Para el desarrollo de la investigación se realizaron 500 kg de alimento que fueron suministrados a tres ejemplares bovinos de primer parto de la Hacienda El Valle finca San José, teniendo en cuenta tres tratamientos: Tratamiento control o T⁰ 1, se suministraron seis gramos de concentrado por kilogramo de peso vivo. Tratamiento 2 o T⁰ 2, se suministraron seis gramos de alimento FES-papa por kilogramo de peso vivo. Tratamiento 3 o T⁰ 3, se suministraron nueve gramos de alimento FES-papa por kilogramo de peso vivo, dichos tratamientos se proporcionaron durante tres semanas, siendo las dos primeras de acostumbramiento y la restante de evaluación, dando entre tratamientos una semana de descanso; este proceso se llevó a cabo hasta que los ejemplares rotaron por los tres tratamientos a evaluar. Los resultados se evaluaron a través de muestreos de leche, sangre y parámetros zootécnicos, que se tomaron el primer día de la semana uno y el último día de la semana tres esto se realizó con cada uno de los tratamientos anteriormente mencionados. La duración de dicho estudio fue de tres meses consecutivos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿La papa (*Solanum tuberosum*), sometida al proceso biotecnológico de la fermentación en estado sólido (FES), permitirá obtener un alimento concentrado con alto contenido de proteína y principalmente energía, que mejore los indicadores productivos en vacas lecheras del trópico alto?

La alimentación en ganado de leche es uno de los factores que requiere mayor atención ya que de ello dependen aspectos tales como la cantidad y calidad de leche, la sanidad y reproducción de los semovientes y algo de gran relevancia para el ganadero colombiano los famosos costos de producción, ya que estos inciden por lo menos en un 50% del costo total del litro de leche⁴, es por esta razón que se hace indispensable pensar en estrategias de alimentación ya que si bien es cierto la dieta principal de los bovinos es el forraje lo cual les provee de nutrientes a menor costo que los alimentos concentrados, pues también es importante analizar la situación del entorno en el cual se encuentre el animal pues este forraje no va a ser siempre de la mejor calidad es decir su valor nutritivo tiende a variar dependiendo de la especie forrajera, el clima y el estado de madurez de las pasturas; por ello implementar estrategias de alimentación en una explotación lechera es una muy buena opción teniendo en cuenta que dicho alimento no sobre pase los costos generando un negocio poco sustentable y rentable a mediano y largo plazo y así mismo dicho alimento debe suplir las necesidades de acuerdo a los requerimientos nutritivos de cada individuo considerando que estos pueden ser modificados de acuerdo al peso vivo, nivel de producción y periodo de lactancia y condición corporal en la que se encuentran los animales; todos estos aspectos deben ser considerados

⁴ HAZARD, T, Sabe usted como alimentar sus vacas lecheras, investigación y progreso agropecuario. Carillanca, 9, (4): 38-41.

a la hora de racionar el ganado y en especial cuando hablamos de ganadería de leche especializada⁵.

El presente estudio se desarrolló en el departamento de Boyacá, el cual está ubicado en la zona denominada como el Altiplano Cundiboyacense, caracterizado por tener una de las mayores producciones y áreas sembradas en papa del país, esto lo demuestran datos, como el área sembrada en el departamento que es alrededor de las 34.880 hectáreas sembradas y 764.500 toneladas de producción anual⁶, por lo tanto es esta región la ideal para llevar a cabo dicho estudio puesto que no solamente se hablan de grandes producciones de papa por año sino de residuos de cosecha del 30% de la producción total y según algunos expertos consultados, aunque no se tienen datos fidedignos se creen que este dato es aún mayor, lo cual lleva a un análisis certero; el grave problema ambiental por la disposición de esos residuos de cosecha y la oportunidad de utilización de dichos residuos en la alimentación animal que de por sí ya es muy conocida por parte de productores y campesinos de la zona ya que históricamente la papa es un alimento que se ha ofrecido por años a los animales de forma directa (cruda) es decir sin ningún tratamiento, lo cual limita su utilización debido al contenido de factores anti-nutricionales presentes en la papa, los cuales no pasan del 20 al 25% en la ración diaria⁷, por tal motivo este proyecto pretende dar a conocer posibles ventajas al implementar un desarrollo tecnológico que permita ampliar la utilización de la papa en la alimentación animal, por esto se decide elaborar un alimento en condiciones de fermentación en estado sólido (FES) el cual posiblemente genere una alternativa muy valiosa para los ganaderos de la zona quienes podrán contar con un insumo

⁵ ALMEYDA M, Manejo y alimentación de vacas productoras de leche en sistemas intensivos (Parte I), 2010, <http://www.actualidadganadera.com/articulos/manejo-y-alimentacion-de-vacas-productoras-de-leche-en-sistemas-intensivos-parte-1.html>, [Consultado: lunes 05 de septiembre de 2016].

⁶ ICA. Op. Cit. [Consultado: viernes 01 de abril de 2016].

⁷ Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal, FEDNA, Patata entera deshidratada, 2010, http://www.fundacionfedna.org/Ingredientes_para_piensos/patata-entera-deshidratada. [Consultado: viernes 01 de abril de 2016].

de bajo costo y por ende un alto impacto en su economía ganadera debido a que el mayor rubro de producción en ganadería de leche lo genera la alimentación.

Con dicha propuesta se pretende solucionar problemas como elevados costos de alimentación por el suministro de alimentos concentrados los cuales tiene un alto valor económico en el mercado aumentando el costo de producción de la leche en los hatos, así mismo este alimento puede ser una alternativa de alimentación en épocas de escasez forrajera a causa de las inclemencias climáticas pues gracias a que el alimento a elaborar es una fermentación en estado sólido este se puede almacenar y tener como reserva sin que pierda su valor nutricional, adicional a esto no requiere un largo plazo después de elaborado para poder ser suministrado a los semovientes, una gran ventaja a la hora de pensar en alternativas de suplementación ya que esta no la brindan otros tipos de alimentos como el silo tradicional que el periodo mínimo para obtener una buena fermentación es de 21 días⁸. Por otro lado se ha pensado evaluar la cantidad de leche producida y la calidad de la misma con el fin de dar solución a un problema de gran magnitud, el alto costo del concentrado cuyos productores usan como principal fuente de suplementación en vacas lecheras y que probablemente puede ser reemplazado con un tipo de alimento como el FES papa (fermentación en estado sólido)⁹, cuyas bondades nutritivas se espera puedan alcanzar niveles alimenticios similares a las proporcionadas por el concentrado; para hacer de este alimento una opción para grandes y pequeños productores a la hora de complementar la dieta de sus animales, mejorando así los índices de rentabilidad del negocio lechero.

⁸Ruiz J, Evaluación de la producción y calidad de la leche en vacas Holstein de primer parto suplementadas con ensilaje de papa, 2006, <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6663/00780780.pdf?sequence=1>. [Consultado: lunes 13 de junio de 2016].

⁹Moyano, M, Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (*solanun tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal, 2014, <http://66.165.175.249/handle/10598/2545>. [Consultado: viernes 01 de abril de 2016].

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

H₀: La papa sometida al proceso de FES, en asociación con otros ingredientes arrojará como resultado un alimento con bajo contenido de proteína y energía el cual no será capaz de sustituir total o parcialmente al concentrado, y de esta forma contribuir con la disminución de los costos de producción; además su mínimo aporte nutricional influirá sobre variables como ganancia diaria de peso, condición corporal, composición de la leche y kg/leche/día en vacas lecheras en sistemas ganaderos del trópico alto con lo cual no se benefician los productores del país ni de la región y mucho menos los semovientes ya que se les brinda un alimento palatable pero de baja calidad nutricional, reflejado en niveles anormales de las variables sanguíneas.

H₁: La papa sometida al proceso de FES, en asociación con otros ingredientes arroja como resultado un alimento con alto contenido de proteína y energía el cual es capaz de sustituir total o parcialmente al concentrado, y de esta forma contribuir con la disminución de los costos de producción; además su gran aporte nutricional influye sobre variables como ganancia diaria de peso, condición corporal, composición de la leche y kg/leche/día en vacas lecheras en sistemas ganaderos del trópico alto con lo cual se benefician productores del país y en especial de la región y los semovientes ya que se les brinda un alimento palatable y de alta calidad nutricional, reflejado en niveles normales de las variables sanguíneas.

4. JUSTIFICACION

Para mantener una producción constante y eficiente en ganadería de leche, es necesario el suministro de dietas balanceadas con alta proporción de cereales que aporten un nivel óptimo de energía y proteína suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales en producción¹⁰. A su vez, aunque aparentemente en el mercado existe disponibilidad de fuentes de proteína y energía para ser usados en la alimentación animal, estos no siempre están al alcance de los productores debido al costo de los mismos, lo que indica la urgente necesidad de establecer estrategias de suplementación a los animales en pastoreo, que permitan reducir las pérdidas de peso vivo, producción de leche en las épocas más críticas y mantener una tasa de crecimiento e indicadores reproductivos superiores o que por lo menos se mantengan, por tal motivo, cada día cobra más importancia el desarrollo de tecnologías para lograr la elaboración de concentrados con recursos naturales locales; de ahí la importancia de las condiciones ambientales de cada región donde se encuentran ubicadas unidades de medianos y pequeños productores, que se dedican a la ganadería para poder explotar sus recursos a favor de obtener proteínas de alto valor biológico; es por ello que se pensó en la utilización de materias primas propias de la región como lo es la papa para ser ofrecida como base de la suplementación en bovinos productores de leche.

Los elevados costos en concentrados utilizados para la alimentación animal que se han venido presentando hace varios años, son consecuencia de las altas demandas de materias primas para la elaboración no solo de concentrados sino de biocombustibles haciendo de ellas una parte importante en el comercio industrial

¹⁰ Parsi J, Godio L, Miazzi R, Maffioli R, Echevarría A, Provencal P, Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas, 2001, http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf. [Consultado: lunes 04 de abril de 2016].

para procesar diferentes productos, arrojando como resultado costos desproporcionados de los alimentos concentrados que afectan la rentabilidad del negocio lechero en Colombia donde no se llevan a cabo prácticas de procesamiento y almacenamiento de alimentos para brindar a los animales en épocas de escasez y de esta manera llegar a mantener la producción sin incrementar costos de la misma, logrando un negocio sostenible en el tiempo; es así que instituciones conocedoras del tema datan que el uso del petróleo será sustituido por los biocombustibles en los siguientes 15 a 20 años, o por lo menos gran parte de motores y medios de transporte lo usarán. Según esta misma fuente el precio del maíz y del trigo a finales del 2006, fue el más alto de los últimos 10 años, algo similar ha ocurrido con la soya, tendencia que se ha mantenido en la actualidad¹¹. Todo lo anterior demuestra que es urgente encontrar ingredientes alternativos que nutricionalmente puedan sustituir al maíz y la soya, en la formulación de concentrados para la alimentación animal. En este sentido en Colombia, la papa puede contribuir sustancialmente y sosteniblemente en lograr obtener concentrados energético-protéicos a través de sistemas biotecnológicos como FES de la papa, apoyada en la tecnología desarrollada al respecto en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba (ICA)^{12 13}.

Uno de los fundamentos a tener en cuenta para la elaboración de la presente investigación es aquella que se basa en los notorios porcentajes de residuos de cosecha, los cuales pueden ser utilizados como ingrediente principal para la elaboración de alimentos, como lo es el FES papa, produciendo un doble impacto

¹¹Oficina regional de la FAO para América latina y el caribe, Ganadería sostenible y cambio climático, 2013, <http://www.rcl.fao.org/es/temas/ganaderia-sostenible-ycambio-climatico/>. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

¹² ELIAS A, Lezcano O, Herrera F, Algunos indicadores bromatológicos y productos finales de la fermentación para la obtención de cuatro tipos de Saccharina inoculados con Vitafert, 2001, Rev. Cubana Cienc. Agric, 35(2):153-158.

¹³ ELIAS A, Lezcano O, Lezcano P, Cordero J, Quintana L, Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteínico en la caña de azúcar mediante fermentación solida (Saccharina), 1990, Rev. Cubana Cienc. Agric, 24(1):3-12.

en la región puesto que no solo se disminuirán los costos de producción de la leche sino que se le dará utilidad a un subproducto de cosecha que antes no tenía mayor aprovechamiento como la papa riche, de esta manera lo que se pretende es obtener un alimento de alta calidad nutricional a bajo costo, permitiendo así a grandes y pequeños productores ser más eficientes a la hora de competir en el mercado nacional e internacional ya sea con la producción de leche en primera instancia, o con algún producto de su transformación como lo es el queso, la cuajada y el yogurt en segunda instancia.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar un alimento desarrollado con la tecnología FES, sobre la respuesta productiva de vacas Holstein en pastoreo, suplementadas con diferentes niveles de inclusión de fes-papa en el departamento de Boyacá.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el potencial en producción de leche de un posible sistema de manejo y alimentación de vacas que consuman forraje de kikuyo, suplementadas con productos obtenidos de FES-papa, a través de: respuesta productiva (Kg/leche/día), parámetros zootécnicos (ganancia de peso, condición corporal).
- Establecer los diferentes indicadores de calidad de leche producida entre los animales a suplementar con FES-papa y un alimento concentrado comercial dado en la actualidad como alimento complementario en la dieta de los animales sometidos a estudio.
- Identificar el impacto económico al implementar el FES-papa como suplemento alimenticio en la dieta de los bovinos de leche.
- Analizar los resultados de pruebas serológicas realizadas a las vacas en estudio, antes y después del suministro de los respectivos tratamientos.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 LA GANADERIA EN COLOMBIA

La ganadería tiene una especial importancia por su aporte al producto interno bruto agropecuario del país y a la demanda agregada a través del consumo de los hogares colombianos. Las mejoras tecnológicas y la distribución del hato entre llanura y piedemonte que se ha producido en los últimos años, ocurre por el margen de rentabilidad que ofrecen las tendencias de los precios, consumo y la capacidad de competencia de la actividad frente a otros usos del suelo¹⁴.

La población ganadera y la producción anual dependen en gran medida de la dinámica que exprese el crecimiento de los mercados terminales. El consumo determinado por los ingresos, el precio, las elasticidades ingreso y precio del producto y el comportamiento poblacional así como el tipo de mercado competitivo con una lógica especial de formación de los precios a su interior, condicionan la evolución del subsector ¹⁵.

Por lo anterior, la ganadería bovina en Colombia amerita una mayor atención, para encontrar verdaderos niveles de productividad y competitividad, que permitan generar un protagonismo necesario para la economía del país y que esté acorde con la magnitud del área destinada a esta actividad, aportando elementos para salir de la actual crisis económica, social, tecnológica y ambiental¹⁶.

Se debe procurar el uso de los recursos propios de la región, disminuyendo la dependencia externa, adversa en la mayoría de las oportunidades debido a su

¹⁴ UNAD, Antecedentes de la ganadería en Colombia, 2015, <http://datateca.unad.edu.com/contenidos/201522/lectura-leccionevaluativa1.pdf>. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

¹⁵ Ibid., UNAD. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

¹⁶ UNAD Op cit., [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

costo. Es necesario entrar a considerar al animal como un factor primordial en el reciclaje de los subproductos de cosecha y de la agroindustria regional con un importante impacto económico que contribuya a reducir costos de producción¹⁷.

Es evidente la importancia que la producción ganadera tiene para la economía rural, sectorial y la oferta alimentaria del país, contribuye con el 4% del PIB nacional, con el 27% del PIB agropecuario y con el 64% del PIB pecuario. Representa el 7% del empleo nacional y el 28% del empleo rural. La ganadería se enfrenta a barreras estructurales comunes para el desarrollo rural en Colombia, tales como: debilidad del capital humano, baja productividad, alto grado de informalidad, uso ineficiente de los recursos naturales, y el acceso inadecuado a los recursos financieros y las nuevas tecnologías, altos costos de alimentación debido a las inclemencias de los cambios climáticos que llevan a los productores a suplementar con alimentos concentrados los cuales disminuyen la rentabilidad del negocio ganadero¹⁸.

En el momento, la actividad ganadera en Colombia ocupa aproximadamente 38 millones de hectáreas, con una capacidad de carga de 0,6 cabezas/ha, lo que caracteriza los sistemas de producción extensivos, 66% de las cuales presentan algún nivel de degradación¹⁹. Unas de las mejores alternativas identificadas hasta el momento para disminuir los impactos negativos que generan los actuales modelos de producción ganadera son los sistemas silvopastoriles y la suplementación a bajo costo con la utilización de recursos regionales²⁰.

Gracias a su ubicación geográfica Colombia cuenta con gran variedad de pisos térmicos que van desde el nivel del mar hasta regiones de páramo, ello permite la

¹⁷ OTERO M, Producción bovina en Colombia, historia de la ganadería bovina en Colombia, 2013, <http://tecnicosostenible.blogspot.com.co/2013/01/produccion-bovino-en-colombia-historia.html>. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015]

¹⁸ Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria, Proyecto: "Ganadería Colombiana sostenible", 2010, http://www.cipav.org.co/areas_de_investigacion/Ganaderia_colombiana_sostenible_que_es.html. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

¹⁹ HAZARD Op cit. p. 38-41

²⁰ Ibid., p. 15

explotación de diferentes razas bovinas productoras de carne, leche y doble propósito²¹.

La Población Bovina en el país está distribuida en 495.609 predios y constituida aproximadamente por 22.527.783 animales, ubicados principalmente en los departamentos de Antioquia (11,25%), Córdoba (8,45%), Casanare (8,43%), Meta (7,38%), Cesar (6,30%), Santander (6,29%), Caquetá (5,79%), Magdalena (5,50%) y Cundinamarca (4,74%) que agrupan el 64,13% de la población total nacional²². De las cuales cerca del 55% es destinado a la producción de ganadería de carne, el 4% a lechería y el 40% a ganado doble propósito. El 64% del hato son hembras y el 35% machos²³.

La producción nacional de leche fresca ha presentado en la última mitad del siglo un aumento en forma rápida y sostenida. El Ministerio de Agricultura reportó que pasó de 728 millones de litros en 1950 a 1.879 millones en 1978 y se calcula en 6.975 millones de litros en 2004. El sistema de producción de lechería especializada aporta 52% y el de doble propósito el 48% restante. La tasa de crecimiento anual para el periodo 1994-2004 fue del 3,5%. De los cuales el Altiplano Boyacense aporta el 6.6%, pertenecientes al sistema de producción lechera especializada²⁴.

6.2 LA FERMENTACIÓN EN ESTADO SOLIDO

La Fermentación en Estado Sólido (FES) es uno de los procesos de conversión claves de la naturaleza. Con FES se completa constantemente el ciclo del carbón, descomponiendo la materia orgánica de manera que microorganismos como los hongos crezcan sobre un substrato sólido y lo descompongan para liberar nutrientes

²¹Instituto nacional agropecuario, Censo pecuario nacional 2015, 2015, <http://www.ica.gov.co/getdoc/8232c0e5-be97-42bd-b07b-9cd0fb07fcac/Censos-2006.aspx>. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

²² Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal Op cit.

²³VERGARA, La ganadería extensiva y el problema agrario. El reto de un modelo de desarrollo rural sustentable para Colombia, 2010, Revista de Ciencias Animales 3:45-53.

²⁴ANDRADE R, Et all, Características productivas y de gestión de fincas lecheras en Boyacá, 2008, Rev. MVZ Córdoba vol 13no.2 Córdoba May/Aug, 2008

y energía²⁵. Es un proceso que consiste en el crecimiento de microorganismos sobre materiales sólidos texturizados y porosos sin la presencia de agua con el fin de optimizar la cantidad de proteína contenida en los alimentos que se consumirá el animal. La FES es usada a nivel comercial para la producción de diferentes alimentos fermentados, obtención de enzimas, metabolitos secundarios y para la bioconservación de residuos orgánicos en productos útiles²⁶.

6.2.1 Parámetros de FES

a. Sustrato: Los sustratos para la fermentación en estado sólido deben poseer preferentemente la característica de ser insoluble en agua para mantener su condición de cultivo en estado sólido; tener elevado contenido en carbohidratos y proteínas; estructura granular que posibilite la adhesión y penetración del microorganismo. Sin duda este aspecto, que puede representar elevado costo, condiciona en gran medida el proceso. Aunque la variedad de materiales potencialmente utilizables es muy superior a los empleados en los cultivos en estado sólido en los que sustrato y soporte coinciden, básicamente deben poseer características físicas similares en cuanto a porosidad, dureza, tenacidad y bajo costo^{27 28}.

b. Contenido en humedad del sustrato: Es el factor más decisivo sobre una fermentación en estado sólido. El nivel adecuado es función de la naturaleza del sustrato, el tipo de producto final y los requerimientos del microorganismo.

²⁵ ALLTECH, Fermentación en estado sólido, 2010, <http://es.alltech.com/future-of-farming/alternative-feeds>. [Consultado: martes 29 de diciembre de 2015].

²⁶ PÉREZ Quilantan LM, Fermentación en estado sólido del Mijo de perla (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) por *Rhizopus oligosporus* para la obtención de un producto rico en proteína, 1996, [Tesis de maestría], Monterrey: Facultad de ciencias biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

²⁷ COSTA M, Torres M, Magariños H, Reyes A, Production and partial purification of *Aspergillus ficuum* hydrolytic enzymes in solid state fermentation of agroindustrial residues. *Rev. Colomb. Biotecnol.* (Bogotá) 2010, 12(2):163-175. Citado por Moyano, Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (*Solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal, 2014.

²⁸ PASTRANA L, Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria, 1996, *Ciencia y Tecnología Alimentaria* (México), 1(3): 4-12.

Evidentemente se encuentra relacionado con la actividad de agua cuya influencia sobre el crecimiento actividades metabólicas de los microorganismos está ampliamente documentada²⁹. Los micro-hongos son los microorganismos más adecuados, en función de sus bajos requerimientos de actividad de agua, para desarrollarse sobre sistemas en estado sólido. Con todo, se debe tener presente que los requerimientos de actividad de agua para la producción de metabolitos son sensiblemente superiores a los necesarios para el crecimiento, por lo que el mantenimiento y control de la humedad en los cultivos puede utilizarse como recurso para el control externo de este tipo de procesos. Así, un alto contenido en humedad provoca en numerosas situaciones descensos de la porosidad y por consiguiente de la difusión del oxígeno, aumenta el riesgo de contaminación bacteriana e incrementa la formación de micelio aéreo, efectos que se deben prevenir en una fermentación en estado sólido. Complementariamente un fenómeno igualmente indeseable se observa en cultivos con una reducida actividad de agua ya que cuando esta desciende por debajo del límite de crecimiento, se puede producir la esporulación del microorganismo. Generalmente el contenido inicial en humedad del sustrato oscila entre el 30 y el 75%. Durante el curso de las fermentaciones se ocasionan reducciones de este nivel debidas tanto a perdidas por evaporación como a la propia actividad metabólica de los microorganismos. Por ello es frecuente la implementación de humidificadores en los fermentadores o bien simple adición a intervalos de agua estéril al sistema³⁰.

c. Temperatura: Es frecuente que, como consecuencia de la actividad metabólica de los microorganismos, se produzca una elevación de la temperatura en los fermentadores, especialmente en las zonas internas del sustrato. Este incremento térmico afecta directamente al crecimiento, germinación de las esporas y/o formación del producto. Por ello, es conveniente dotar a los fermentadores de mecanismos que permitan disipar el calor como: inmersión en baños de agua o su

²⁹ PASTRANA L, Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria, 1996, Ciencia y Tecnología Alimentaria (México), 1(3): 4-12.

³⁰ Ibid., p.4-12

instalación en habitaciones de temperatura controlada. En algunos casos, en laboratorio, los cultivos poseen alta porosidad, pequeño espesor de la capa de sustrato y partículas de granulometría adecuada para no provocar compactaciones elevadas. En estas condiciones el calor generado durante la fermentación se disipa sin dificultad, siendo necesario, por el contrario, un aporte externo de energía para mantener una temperatura adecuada en los cultivos³¹.

d. Aireación y agitación: Esto permite la transferencia de masa tanto a nivel interparticular como intraparticular. A nivel interparticular el proceso de transferencia de masa más importante es la difusión de gases, en especial la transferencia de oxígeno y depende esencialmente de la proporción de espacios huecos en la masa de fermentación y de la aireación. La proporción de espacios huecos, es una función de la geometría de las partículas del sustrato, del contenido en humedad y de la naturaleza química del sustrato, y debe representar al menos un 30% del volumen total de la masa de fermentación. Las tasas de aireación se establecen de acuerdo con el tipo de microorganismos, los requerimientos para la síntesis del producto objetivo, el grado de eliminación del calor y CO₂, el espesor de la capa de sustrato empleada y el número de espacios intersticiales que dejan las partículas de sustrato. Para algunos autores es indispensable efectuar agitaciones más o menos intensas con el fin de permitir la eliminación del CO₂ formado y la renovación del aire en los espacios intersticiales, para otros las lesiones ocasionadas al micelio sometido a agitación hacen desaconsejable tal medida. Debido a que la mayor parte de los sustratos empleados en los cultivos en estado sólido son poliméricos (almidón, celulosa) y necesitan ser previamente degradados por las enzimas extracelulares, las limitaciones difusionales intraparticulares juegan un importante papel. Así, mientras para partículas con tamaño grande la resistencia a la transferencia de masa es prácticamente insignificante, cuando el tamaño es pequeño, es conveniente

³¹ Ibid., p. 4-12

minimizar las limitaciones difusionales disminuyendo el diámetro de las partículas³². De ahí la importancia de usar el material rayado o molido.

e. pH: El pH es uno de los factores críticos en unos procesos fermentativos, en estado sólido su seguimiento y control durante el transcurso de los cultivos es particularmente dificultoso. No obstante los sistemas de fermentación en estado sólido suele poseer una relativa estabilidad frente al pH. Ello es debido a la elevada capacidad tampón de los sustratos usuales, por lo que mediante el ajuste inicial del pH del sustrato es posible eliminar la necesidad de su control reduciendo la incidencia real de esta variable. Con todo, en ocasiones resulta conveniente realizar la humectación de los sustratos con soluciones tampón para evitar cambios de pH en áreas localizadas. Esta estrategia resulta adecuada en los casos en los que los cultivos no se someten a agitación y la fuente de nitrógeno se suministra como sales de amonio, circunstancias que promueven bruscos descensos del pH ^{33 34}.

f. Microorganismos: Desde el punto de vista de la fermentación en estado sólido los micro hongos son los microorganismos de elección, y ello debido a que de forma natural crecen sobre materiales sólidos, por dos motivos principales:

1. Facultad para utilizar mezclas de polisacáridos. De modo general el micro-hongo posee sistemas enzimáticos completos que les permiten utilizar indistintamente varias fuentes de carbono.

2) Capacidad de adherencia y penetración en las partículas del sustrato. Es claro que la estructura micelar de los hongos filamentosos les confiere en este sentido ventaja frente a otros microorganismos³⁵.

³² Ibid., p. 4-12

³³ Ibid., p. 4-12

³⁴ DUNIÉREA L, Sindoub J, Chaucheyras F, Chevallier I, Thévenot D, Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms, 2013, Animal Feed Science and Technology, 182: 1-15. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2013.04.006.

³⁵ Ibid., p. 4-12

g. Bacterias ácido-lácticas (BAL): La mayoría de las bacterias presentes en el cultivo requieren oxígeno para sobrevivir y mueren rápidamente en las etapas iniciales del proceso de ensilaje. De la microflora que sobrevive, las BAL, enterobacterias, levaduras y clostridios son los más importantes. En el pasado se creía que el número de bacterias ácido lácticas estaban en el cultivo. Investigaciones recientes han establecido que éstas están presentes pero en estado de latencia, y que el proceso de cosecha, en el cual se corta el cultivo y se libera el contenido celular, favorece a las BAL, las cuales pueden ser contabilizadas por métodos convencionales. En general, el número de bacterias ácido lácticas epifíticas en pastos se incrementa durante los meses de verano y pueden llegar a alcanzar 10^7 unidades formadoras de colonias (UFC/g de pasto).

Están incluidas las BAL homofermentativas las cuales convierten la glucosa y la fructosa en ácido láctico y las heterofermentativas quienes convierten los azúcares en otros productos, los cuales no todos intervienen para bajar el pH.

Cuando no hay más disponibilidad de carbohidratos en el ensilado, las BAL pueden usar el ácido láctico como sustrato, produciendo ácido acético. Estos alcanzan niveles críticos de 30 g de carbohidratos hidrosolubles por litro de jugo de pasto escurrido del ensilado que generalmente son conservados, prediciendo que no se alcanza el pH óptimo del ensilado, debido al contenido de azúcar³⁶.

6.3 CONDICIONES DEL MEDIO RETÍCULO-RUMINAL

Para que se produzca una correcta fermentación bacteriana hay parámetros ruminales que deben considerarse, ya que fuera de sus rangos normales provocan alteraciones de la digestión. Las condiciones del medio ruminal deben estar en un rango compatible con el crecimiento de micro-organismos (m.o) que sean adecuados para la fermentación³⁷.

³⁶ HERRERA J, Naranjo N, Gurrola J, Almaraz N, La avena cultivo, ensilado y aprovechamiento, 2007, Ed División, Durango México. p. 41-153

³⁷ Ibid., p. 41-153

a. Ecosistema abierto y continuo: Para que una población de m.o. pueda desarrollarse y mantenerse en un medio, este debe permitir una entrada continua de sustratos y también una salida permanente de desechos y de m.o. muertos³⁸.

b. Aporte constante de sustratos: Los m.o. necesitan nutrientes para poder desarrollarse, multiplicarse y mantenerse como población. Por tanto la ingesta que realiza el rumiante provee a los m.o. los sustratos para su sustento³⁹.

c. Tiempo de retención: Los procesos fermentativos son más lentos que la digestión tal como ocurre en el estómago e intestino delgado. Para que esa fermentación sea eficiente, el contenido ruminal debe ser retenido en el retículo-rumen el tiempo suficiente para permitir la acción microbiana⁴⁰. La retención dentro del rumen provee suficiente tiempo a los microorganismos para degradar eficientemente los alimentos ingeridos⁴¹. Al mismo tiempo el grado de distensión y llenado del retículo-rumen limitan el consumo voluntario de alimento, siendo estos factores a su vez determinados por la tasa de pasaje a través del rumen⁴². El tiempo de retención de los forrajes en el rumen es muy importante para caracterizar el valor alimentario, especialmente la degradabilidad. Esta información es esencial para optimizar el nitrógeno y la energía disponible para la síntesis de proteína microbial en el rumen⁴³. La conformación del rumen, el diámetro pequeño del orificio-retículo-ruminal, la función de selección del retículo en cuanto al tamaño de la partícula (<1-2 mm) y el ciclo motor del retículo-rumen garantizan un tiempo adecuado de retención el cual es de 20 a 48 horas⁴⁴.

³⁸ Ibid., p. 41-153

³⁹ Ibid., p. 41-153

⁴⁰ Ibid., p. 41-153

⁴¹ REGUEIROM, Van Lier E, Departamento de producción animal y pasturas, Curso de anatomía y fisiología animal, Digestión en retículo-rumen, 2008, <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/AFA/TEORICOS/Repartido-Digestion-en-Reticulo-Rumen.pdf>. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁴² AITCHISON E, Gill M, Dhanoa M, Osbourn D, The effect of digestibility and forage species on the removal of digesta from the rumen and the voluntary intake of hay by sheep, 1986, Brit. J. Nut. 56: pag 463-476.

⁴³ ARAUJO O, Vergara J, Propiedades físicas y químicas del rumen, 2007, Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 15 (Supl. 1), Pas 133-140.

⁴⁴ REGUEIRO Op. cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

Este tiempo de retención se ve alterado además por el tipo de alimentación ofrecida a los animales; ya que en el caso del concentrado este tiempo es menor debido a que el tamaño de partícula de este alimento es inferior, lo cual ocasiona una tasa de pasaje mucho más rápida que la de un alimento fibroso como lo es el FES-papa; disminuyendo así la digestibilidad del alimento ya que este no va estar en esta cámara fermentativa el tiempo necesario para permitir la acción microbiana.

d. Medio acuoso: Las reacciones bioquímicas se realizan en un medio acuoso. Gran parte de las enzimas bacterianas son extracelulares y actúan en el líquido ruminal⁴⁵.

e. Anaerobiosis: El ambiente ruminal es anaerobio. En presencia de oxígeno en lugar de obtener productos que se utilizan como fuente de energía disponible para el animal, como los ácidos grasos volátiles, obtendríamos CO₂ y H₂O⁴⁶.

f. Osmolaridad: La fermentación normal se lleva a cabo con una osmolaridad entre 260 y 340 mOsm. Este parámetro se ve alterado tras la ingestión de concentrados (pudiendo llegar a 400 mOsm). Con alta osmolaridad se inhibe la digestión del almidón y fibra (por inhibición de las bacterias ruminales) y se altera la rumia⁴⁷.

g. Temperatura: Debido a la enorme cantidad de procesos metabólicos que se producen en el rumen la temperatura suele ser 1 o 2 grados por encima de la temperatura corporal del animal (38 a 42 °C). Se pueden lograr descensos de la temperatura ruminal con ingesta de agua o forraje frío⁴⁸.

h. pH: Puede variar entre 5,8 y 7,0. Luego de la ingesta de concentrados el pH baja considerablemente (por la rápida fermentación producida lo cual genera un medio ácido). Las bacterias celulolíticas se inhiben a pH menor de 6,0. A pH menor de 5,5 suelen ser anormales tanto la función ruminal como la del animal como

⁴⁵ REGUEIRO Op. cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁴⁶ REGUEIRO Op. cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁴⁷ REGUEIRO Op. cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁴⁸ REGUEIRO Op. cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

consecuencia de la acidosis⁴⁹. Los rumiantes son excelentes recicladores; ellos consumen alimentos fibrosos y subproductos de deshecho que no son aptos para consumo humano y animales monogástricos, y los convierten en alimentos nutritivos como la carne y la leche. Con el fin de que los rumiantes utilicen diversas fuentes de alimentación, se deben seguir determinadas reglas básicas de nutrición a fin de asegurar un rendimiento óptimo. Los principales conceptos tienen relación con el tamaño de las partículas de alimentación, las fracciones de hidratos de carbono estructurales y no estructurales, y las fracciones de proteínas proporcionadas por los distintos alimentos. La fibra es necesaria para el correcto funcionamiento del rumen; las raciones que se dan con partículas de forraje con insuficiente longitud llevan a que las vacas empleen menos tiempo rumiando, lo que disminuye el volumen de saliva producida y conduce a un tamponamiento insuficiente con un bajo pH en el rumen⁵⁰.

Cuando el pH del rumen cae por debajo de 6,0 el crecimiento de los organismos celulolíticos puede reducirse, lo que permite un aumento en la población de microorganismos que producen propionato. Esto puede causar una disminución en la tasa de acetato a propionato y resultar potencialmente en un porcentaje inferior de grasa de leche. El tamaño de las partículas es importante, especialmente en la utilización del forraje y conservación de una buena estera de fibra en el rumen. Una estera de fibra es esencial para asegurar el crecimiento adecuado y la actividad de microbios, lo cual deriva en el incremento de los ácidos grasos volátiles (AGV), especialmente acetato, y la producción de proteína microbiana⁵¹.

La alimentación con una ración de forraje de partículas reducidas aumentará la ingesta de materia seca ya que el tamaño de partícula para permitir su avance, (1-

⁴⁹ REGUEIRO Op. cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁵⁰ De la alimentación a la leche: Comprendiendo la función del rumen, 2011, <http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/nutrition-and-feeding/rumen-function/de-la-alimentacion-a-la-leche-comprendiendo-la-funcion-del-rumen>. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁵¹ Ibid., p. . [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

2 mm) se alcanzará más rápido originando una disminución en el tiempo de rumia, disminuirá la digestibilidad ya que las bacterias ruminales no tendrán el tiempo suficiente para actuar sobre este sustrato, y se traducirá en un menor tiempo de retención de sólidos en el rumen. Las raciones con partículas pequeñas de forraje inicial entrarán en el rumen a un tamaño aún menor después de masticarse y tragarse, por lo tanto, dejarán el rumen a mayor velocidad. El resultado es un aumento en la tasa de recambio del rumen lo que permite un aumento de la ingesta de materia seca, pero debido a que la tasa de pasaje es más rápida, hay menos tiempo disponible para que los microbios digieran el alimento. Además de la longitud de las partículas de forraje, el contenido de fibra en la dieta es importante. La fibra es necesaria para proporcionar cantidades adecuadas de carbohidratos complejos para disminuir la digestibilidad y controlar la acidez en el rumen. La fibra detergente ácido y la fibra detergente neutro (FDA, FDN) son las principales fracciones de fibra que son utilizadas en la formulación de raciones. Para animales de alta producción, de lactancia temprana, las recomendaciones son de 18 a 20% de FDA y de 28 a 30 % de FDN en la ración total de materia seca. El nivel de FDN del forraje y la longitud de la partícula de forraje en la dieta desempeñan un rol importante en la determinación de fibra efectiva en la dieta. Sin embargo, no toda la fibra es de igual valor en la ración. La digestibilidad de la fibra variará dependiendo de la fuente. Por ejemplo, la fibra contenida en los ingredientes de algunos subproductos puede ser más digerible y más rápidamente digerida que la de un forraje con el mismo contenido de fibra. La fibra de un forraje de baja calidad puede que no sea digerida adecuadamente. Sin embargo, los forrajes que son demasiado inmaduros pueden carecer de fibra adecuada y pueden ser digeridos con demasiada rapidez⁵².

La fibra es necesaria en la dieta para proporcionar una estera de fibra y la reducción de la disponibilidad de hidratos de carbono para evitar la baja del pH ruminal. Los carbohidratos no estructurales (CNE) o azúcares y almidones son necesarios para proporcionar energía fácilmente disponible para los microbios del rumen y para el

⁵² Ibid., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

animal. Formular las raciones desviadas demasiado hacia una dirección o la otra puede ir en perjuicio de la vaca lechera⁵³.

El principal objetivo en equilibrar FDN y CNE es controlar el pH del rumen. El rango óptimo de pH es de 5,8 a 6,4 para la síntesis de proteína microbiana y vitaminas del complejo-B. Este rango de pH puede ser algo superior o inferior durante cortos períodos de tiempo a lo largo del día, especialmente en sistemas de alimentación convencionales. El pH ruminal normalmente fluctúa menos cuando las vacas son alimentadas con una ración mezclada total⁵⁴.

Existen varias formas de controlar el pH, tal como la entrega adecuada de fibra efectiva y la distribución equilibrada de nitrógeno proteico, concentrado, fibra y minerales en el rumen. Gran parte del resultado final del nivel diario de pH ruminal y la fluctuación está determinado por el sistema de alimentación y las prácticas de manejo de la alimentación. En sistemas de alimentación convencionales (aquellos en que el forraje y los granos son entregados separadamente), la implementación de una estrategia de alimentación es esencial para eliminar los puntos altos y los bajos en el pH ruminal. Algunas recomendaciones comunes son la alimentación con heno anterior a los concentrados, la alimentación con forrajes y concentrados con alto contenido de proteína cercanos a la alimentación con comida alta en energía y entregar los concentrados más de dos veces al día⁵⁵.

El material anormalmente fermentado puede alterar los AGV y el ácido láctico en el rumen. Esto está más propenso a ocurrir si el pH o los contenidos de humedad del material se encuentran fuera del rango óptimo⁵⁶.

El uso de alimento en estado de descomposición por presencia de moho, putrefacción y micotoxinas, puede alterar la producción e incrementar la incidencia

⁵³ Ibid., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁵⁴ Ibid., p. . [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁵⁵ Ibid., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁵⁶ Ibid., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

de desplazamiento del abomaso ya que el material anormalmente fermentado puede alterar los AGV y el ácido láctico en el rumen; esto está más propenso a ocurrir si el pH o los contenidos de humedad del material se encuentran fuera del rango óptimo⁵⁷.

El patrón de fermentación en los rumiantes se lleva a cabo en el ambiente ruminal que está influenciado por la interacción entre la dieta, la población microbiana y el propio animal⁵⁸.

Dos aspectos importantes en el rumen para la fermentación, son las condiciones para una eficiente actividad celulolítica y las necesidades para una síntesis óptima de proteína microbial. Sin embargo, la importancia relativa de estos procesos varía de acuerdo con las características del alimento y los sistemas de producción animal⁵⁹. La producción de ácidos grasos volátiles (AGV) se relaciona con la producción de metano en el rumen y debe mantenerse el balance fermentativo en todo momento; debido a que el metano y el propionato sirven como captadores del exceso de equivalentes reductores que se producen a nivel ruminal⁶⁰. En dietas con alto contenido de forraje, el patrón de AGV en la fermentación ruminal fluctúa entre 65:25:10 a 70:20:10 (acetato: propionato: butirato, en porcentaje molar), por otra parte cuando la cantidad de concentrado en la ración se eleva por encima de 70%, las proporciones de AGV varían entre 45:40:15 a 50:40:10⁶¹. Dietas compuestas únicamente de forrajes dan una mezcla en proporción molar de 65-74% acético, 15-

⁵⁷ Ibid., p. [Consultado:viernes 11 de diciembre de 2015].

⁵⁸ ALLEN M. S, Mertens M, Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes, 1988, J. Nutr. 118:261-270.

⁵⁹ WILLIAMS, P.E.V, The mode of action of yeast culture ruminants diets: review of the effect on rumen fermentation patterns, 1989, In: T.P. Lyons Eds. Alltech's 5th Annual symposium on Biotechnology in the Feed Industry. Nicholasville. K.Y

⁶⁰ RODRÍGUEZ G.F, Llamas L.G, Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal, Citado por: R.A. Castellanos, L.G. Llamas y S.A. Shima, Eds. Manual de técnicas de investigación en ruminología. Sistemas de educación continua en producción animal en México, A.C. México, D.F. pp. 95-126.

⁶¹ SHIMADA Y.A, Metabolismo de los carbohidratos. Citado por: Pérez D.M. Ed. Manual sobre ganado productor de leche. Ed. Diana México, 1991, pp. 44-63.

20% propiónico y 8-16% butírico⁶²; sin embargo, forrajes de alta calidad y una molienda fina pueden causar reducción en la proporción de acético e incremento en propiónico, butírico o ambos. Debe considerarse que la concentración de AGV en el fluido ruminal no necesariamente reflejan su tasa de producción y absorción, no se ha dilucidado completamente el eslabón entre la concentración de AGV a nivel ruminal y la composición química de la dieta, debido a que la concentración de la mezcla de AGV producidos no solamente refleja la composición de los sustratos fermentados sino que también la actividad metabólica de los microorganismos ruminales⁶³.

El butirato se absorbe a mayor velocidad que el propionato, siendo el acetato el de más lento transporte; durante el proceso de absorción de los AGV a través de la pared ruminal, el acetato no sufre cambios aparentes; parte del propionato se transforma a lactato y el butirato se convierte casi totalmente en cuerpos cetónicos⁶⁴.

a. Mecanismos fisiológicos para mantener el pH ruminal: El rumiante tiene varios mecanismos para mantener el pH ruminal dentro de rangos fisiológicos. Estos mecanismos se complementan y cuando se alimenta al rumiante adecuadamente son suficientes para mantener el pH ruminal entre los rangos óptimos para el adecuado funcionamiento del rumen.

La saliva de los rumiantes difiere mucho de la saliva de los otros animales, es francamente alcalina con un pH entre 8,2 a 8,4 y en bovinos de alto consumo la secreción puede superar los 100 litros diarios. Esto implica que por día llega aproximadamente 1 a 2 kg de bicarbonato y 250 g de fosfato al rumen⁶⁵.

⁶² THOMAS P.C, Rook J.A.F, Manipulation of rumen fermentation. Recent advances in animal nutrition. William H, y Dyfed L, 1997, p 83-109.

⁶³ Ibid., p. 83-109

⁶⁴ SHIMADA. Op.cit., p. 44-63

⁶⁵ THOMAS. Op.cit., p. 83-109

La rumia es un importante factor en el mantenimiento del pH, ya que con el mismo aumenta la rumia, producción de saliva y por ende la llegada de tampones al rumen. En animales alimentados en base de forraje el pH ruminal tenderá a aproximarse a 7, esto está dado por la combinación de la forma física y química del alimento, tiene una estructura física por la fibra que induce una buena rumia y llegada de saliva al rumen, la cual químicamente está compuesto por la celulosa que se fermenta lentamente y por lo tanto libera a los AGV también lentamente. La alimentación en base a granos o concentrados tendrá el efecto opuesto al forraje, su forma física no induce una buena rumia y su forma química permite una rápida fermentación y una acumulación de AGV que baja fuertemente el pH. Cabe aclarar que los concentrados no se encuentran en la naturaleza de la manera en que lo utiliza el hombre para alimentar a sus vacas. El bovino es una especie que está totalmente adaptada para alimentarse de pastos ya que apareció hace 20.000.000 de años, después de la aparición y extensión masiva de las gramíneas, se puede alimentar a las vacas con concentrados, pero se debe hacer con un estricto control, ya que un exceso de granos en la dieta puede llevar a un descenso del pH ruminal que no es compatible con la salud e inclusive con la vida del animal en el caso de la acidosis ruminal⁶⁶.

6.4 LA ALIMENTACIÓN DE LA VACA

Los bovinos productores de leche requieren de una buena alimentación para poder expresar al máximo su potencial productivo, haciendo necesaria la suplementación de estos animales con alimentos concentrados ya que los forrajes no aportan la energía necesaria para cubrir sus requerimientos energéticos. Los costos de alimentación representan el 45 a 60% del costo total de producción de leche. La clave para maximizar la rentabilidad del predio lechero es mantener los niveles de nutrientes mientras que los costos de alimentación se administran cuidadosamente.

⁶⁶ THOMAS. Op.cit., p. 83-109

Cuando se alcanza una nutrición óptima, las vacas producirán leche de mejor calidad y en grandes cantidades⁶⁷.

Muchos alimentos diferentes o combinaciones de alimentos se pueden utilizar exitosamente en raciones para el ganado lechero. Los ingredientes de los alimentos proporcionan fuentes de nutrientes, fibra y el tamaño de partículas necesario para una normal digestión, metabolismo y rendimiento. Dado que los alimentos varían en costo y contenido de nutrientes, se debe utilizar un buen criterio en el proceso de selección. El tipo, fuente y nivel de forrajes, forraje tosco, concentrados, minerales, vitaminas y otros aditivos en la dieta deben ser considerados cuando se trata de satisfacer los requerimientos de nutrientes de la vaca⁶⁸.

Los forrajes son cultivos perennes y anuales plantados para su uso como pradera y aprovecharlos en corte directo, henolaje, ensilado o heno que ha sido cosechado en la longitud adecuada. Estos contienen importantes niveles de proteína, fibra, energía y vitaminas A y E. Si los cultivos han sido secados al sol, el alimento puede también contener importantes niveles de vitamina D⁶⁹, así mismo los forrajes toscos son cultivos o excedentes de proceso de partículas de tamaño adecuado que son altos en fibra, relativamente bajos en contenido energético y carecen de vitaminas liposolubles A, D y E. Los cereales de paja, tallos de maíz, cáscaras de semilla de algodón, mazorcas de maíz y orujos de manzana son forrajes toscos comunes⁷⁰, por otro lado los concentrados son granos de cereales y subproductos de alimentos que contienen relativamente altos niveles de energía; generalmente el tamaño de las partículas de los concentrados es más fino que aquellas en los forrajes cosechados adecuadamente⁷¹.

⁶⁷ CAMPABADAL C, Uso eficiente de los alimentos balanceados en la alimentación del ganado de leche, 2013, http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2013/Utilizacion_eficiente_de_los_alimentos_balanceados_Dr_Carlos_Campabadal_H_Costa_Rica.pdf. [Consultado: sábado 12 de diciembre de 2015].

⁶⁸ REGUEIRO. Op.cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁶⁹ REGUEIRO. Op.cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁷⁰ REGUEIRO. Op.cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁷¹ REGUEIRO. Op.cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

La dieta de una vaca lechera está usualmente compuesta de varios ingredientes de alimentos que pueden ayudar a satisfacer sus requerimientos de nutrientes. Sin embargo, ningún nutriente es más importante que el otro y un exceso o deficiencia de uno o más nutrientes puede limitar el rendimiento. Saber qué nutrientes forman parte de la provisión de ingredientes para una ración ayudará a optimizar la utilización de alimento. Las principales categorías de nutrientes importantes para las raciones de ganado lechero son carbohidratos, grasas, proteínas, minerales, vitaminas y agua. Aun cuando la fibra no es un nutriente por definición, desempeña un papel importante en la digestión y debe ser considerada al momento de formular las raciones⁷².

Los rumiantes poseen el beneficio de tener una cámara fermentativa pre-gástrica formada por dos compartimientos: el retículo y el rumen, además cuentan con el omaso. Estos compartimientos, también llamados preestómagos, se caracterizan por tener un epitelio no secretor, a diferencia de lo que es la cavidad gástrica propiamente dicha (el abomaso) cuya mucosa es secretora y cumple prácticamente las mismas funciones que el estómago simple de los monogástricos⁷³.

La fermentación ruminal es la actividad metabólica de los m.o. presentes en el rumen. La digestión propia de la mayoría de los mamíferos ocurre en el estómago y el intestino delgado por enzimas producidas por el animal mismo. Esto se denomina “digestión auto-enzimática”. En los rumiantes, la degradación de los sustratos moleculares por la acción de bacterias y otros m.o. se realiza por una hidrólisis enzimática igual que en la digestión glandular; la diferencia mayor es que las enzimas digestivas en la fermentación son de origen microbiano, por lo que se le denomina “digestión alo-enzimática”⁷⁴.

Esta digestión fermentativa es más lenta y los sustratos son alterados en mayor grado que en la digestión glandular. Además la fermentación ocurre en un medio

⁷² REGUEIRO. Op.cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁷³ REGUEIRO. Op.cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁷⁴ REGUEIRO. Op.cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

anaerobio. Así se da la fermentación pregástrica, la cual corresponde a los rumiantes⁷⁵.

6.5 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS

Los parámetros zootécnicos están influenciados gracias a la alimentación, es por esto que las vacas alimentadas a base de forraje, requieren adoptar diversas estrategias de alimentación, especialmente en las épocas secas, las cuales pueden ser, henos, ensilajes, residuos de cosecha, subproductos de agroindustria (granos, semillas, harinas, pulpas, raíces y tubérculos como la papa entre otros)⁷⁶. Se menciona, que las vacas lecheras pueden recibir hasta 15kg de papa cruda al día⁷⁷. Sin embargo, su utilización en la alimentación de vacas lactantes en pastoreo y en otras especies animales en la región, no ha sido muy estudiada por lo que la información encontrada es poca⁷⁸.

a. Cantidad de leche producida : Alimentar a las vacas en producción de leche exigen cantidades adecuadas o balanceadas de nutrientes, estos deberán de incluirse en la ración de los animales y muchas de las veces dependerá de la disponibilidad y costo de los ingredientes mismos, lo cual reflejará la calidad de estos en la producción de leche del animal⁷⁹.

Las vacas deberán de alcanzar la mayor ingestión de materia seca (IMS), antes de alcanzar el máximo nivel de producción de leche (cuarta a octava semana de lactación). Por lo general, se considera que por cada 2 kg de producción de leche,

⁷⁵ REGUEIRO. Op.cit., p. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

⁷⁶ MONJE A, Estrategias de alimentación para los sistemas de producción de carne vacuna ante situaciones de déficit de forraje, 2006, <http://www.elsitioagrico.com/gacetillas/concepcion/co2016gacetillas/20060602alimentacion.asp>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

⁷⁷ MONTOYA N, Pino ID, Correa HJ, Evaluación de la suplementación con papa (*solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein, 2004, Rev Col CiencPec (Medellin), 17(3): 241-249.

⁷⁸ MOYANO, M, Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (*solanun tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal, 2014, <http://66.165.175.249/handle/10598/2545>. [Consultado: viernes 01 de abril de 2016].

⁷⁹ GALAVIZ J, Cómo alimentar a la vaca en producción de leche, Unión ganadera regional de Jalisco, 1999, http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=505. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

las vacas de razas grandes como la Holstein, deben de comer por lo menos 1 kg de materia seca, al comer menos de esto ocasiona pérdida de peso y se traduce en una pobre condición corporal y las vacas son más susceptibles a desordenes metabólicos⁸⁰.

El ganado lechero requiere energía, proteína, minerales, vitaminas y agua, para conservarse sano, crecer, reproducirse y producir leche. La energía y la proteína son los factores limitantes para la obtención de altos rendimientos en leche⁸¹

La energía es expresada en términos de calorías y la vaca usa la energía para las funciones de mantenimiento, crecimiento, producción de leche y ganancia de peso⁸², el contenido energético debe ser entre 2,9 a 2,7 Mcal de energía metabolizable por kilo de materia seca. 83(hazard)

La proteína es requerida por el cuerpo para formar y reparar tejidos. La proteína total es una buena medida de su disponibilidad en los alimentos, la cual es estimada indirectamente de su contenido de nitrógeno. Sin embargo, existe nitrógeno no proteínico en los alimentos, particularmente en los forrajes toscos, que puede ser usado por los microorganismos del rumen para síntesis de proteína microbial; este nitrógeno, a su vez, es utilizado por la vaca. El consumo de proteína expresado como porcentaje de la ración total para el primer, segundo y tercer tercio de la lactancia debe ser de 17, 15 y 13%, respectivamente 84 hazard. Los minerales y vitaminas aun cuando la vaca requiere al menos 15 elementos minerales, los utilizados en mayor proporción son: calcio, fósforo, sodio y cloro. Cuando hay deficiencias de forraje verde de buena calidad es necesario suplementarlos. La mayoría de las vitaminas son sintetizadas por la vaca, pero aquellas solubles en grasa como la A, D y E deben ser incluidas en la ración. Para cumplir con todos

⁸⁰ Ibid., p. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

⁸¹ MONJE Op. cit., p [Consultado:miércoles 06 de abril de 2016].

⁸² Herrera,J,Sistema de producción de leche engranjas bovinas familiares,Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación, 2010, <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Sistema%20de%20producci%C3%B3n%20de%20leche%20en%20granjas%20bovinas%20familiares.pdf>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

estos requerimientos nutrimentales, es necesario proporcionarle a la vaca alimentos de buena calidad y de un costo no muy alto. Normalmente se les proporciona alfalfa verde, ensilado de maíz, salvado de trigo, algunas pastas (coco, harinolina) y granos (maíz, sorgo), además de alguna mezcla mineral. En ocasiones se les proporciona el forraje y se les complementa con algún alimento comercial balanceado o concentrado⁸³.

Cuadro 1. Contenido de nutrientes por kg de materia seca requerido para vacas lecheras, de acuerdo a su peso vivo y nivel de producción⁸⁴.

Nutrientes (base seca)	Peso vivo	Producción de leche por día (kg)			
	400 kg	Menos de 8	8 - 13	13 - 18	más de 18
	500 kg	Menos de 11	11 - 17	17 - 23	más de 23
Proteína cruda (%)		14.00	14.00	15.00	16.00
Energía (Mcal/kg)		2.36	2.56	2.71	2.89
Calcio (%)		0.43	0.48	0.54	0.54
NDT (%)		63.00	67.00	71.00	75.00
Fósforo (%)		0.31	0.31	0.38	0.41

Fuente: Herrera J. Naranjo

Tanto los excedentes, como los desechos de la papa, se han utilizado en la alimentación animal con diferente respuesta en función de la variedad del tubérculo, tamaño, edad de cosecha, tipo de animal, nivel de producción, estado de la lactancia, cantidad y forma en que se suministra, entre otros factores y aunque los retoños de la papa contienen un alcaloide tóxico, la solanina, no existen restricciones para su utilización en la alimentación de rumiantes que se asocien a posibles intoxicaciones con este compuesto⁸⁵. No obstante, a lo anterior es posible afirmar que la suplementación con papa se podría constituir en una alternativa que tendrían los ganaderos para proveer la energía necesaria⁸⁶.

⁸³ Ibid., p. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

⁸⁴ Herrera Op.cit., p. 41-153

⁸⁵ GOHL B, Tropical feeds, Food and agriculture organization of the United Nations, 1992, Software development by Oxford Computer Journals. Versión 30.

⁸⁶ CORREA HJ, Simulación del balance de energía y proteína en un hato lechero del oriente antioqueño, 1999, Rev Col Cienc Pec, 12 – Suplemento: 57.

b. Calidad de la leche producida: La composición de la leche varía significativamente de una especie a otra. Esto implica una gran diferenciación genética entre los mamíferos, lo que indica que existen posibilidades de modificar la composición en el futuro. La leche bovina contiene en promedio alrededor de 88% de agua; 12,4% de materia seca; 3,4% de materia grasa (MG); 3,5% de proteína cruda (PC); 4,6% de lactosa y 0,8% de ceniza. Sin embargo, también se observan diferencias en la composición entre las distintas razas lecheras. La materia seca es lo mismo que los sólidos totales y corresponde a la suma de la proteína cruda, materia grasa, lactosa y cenizas. En el futuro se estima que las plantas industrializadoras de leche pagarán por la cantidad de sólidos de la leche, la raza que presenta el menor contenido de sólidos totales es la Holstein Friesian, con un 12,3%, mientras que el mayor contenido lo presenta la raza Jersey, sin embargo, la situación cambia cuando se considera la producción de sólidos totales en la lactancia completa; a pesar de que las vacas Holstein Friesian dan una leche con menos sólidos, producen más leche en la lactancia completa que las vacas Jersey, los porcentajes de grasa y proteína varían entre las diferentes razas bovinas e incluso dentro de la misma raza se presentan variaciones a consecuencia de la alimentación, condiciones ambientales y estado de lactancia. Los componentes de importancia económica de la leche sobre los cuales se puede influir directamente son la materia grasa y la proteína esto tiene especial relevancia ya que las plantas lecheras pagan un precio base con un cierto nivel de proteína cruda 3,2% y materia grasa 3%⁸⁷.

La alimentación cambia la composición de la leche en corto tiempo, y dietas altas en fibra incrementan la concentración de grasa, pero pueden afectar el consumo voluntario; mientras que las dietas bajas en fibra y altas en carbohidratos fermentables reducen la concentración de grasa e incrementan el volumen y la proteína en leche, pero en exceso pueden producir acidosis ruminal y reducir la

⁸⁷ HAZARD T, Composición y calidad de la leche, 2006, <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR33262.pdf>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

concentración de proteína. Variaciones leves en las concentraciones normales de proteína en la dieta no afectan la composición de la leche, pero niveles bajos de proteína degradable en el rumen disminuyen la concentración de grasa, debido a la reducción de los microorganismos que degradan la fibra⁸⁸.

c. **Condición corporal:** La estimación de la condición corporal, si bien es subjetiva, esta es una herramienta útil y práctica de evaluar visualmente el estado nutricional del ganado. Con este método pueden obtenerse altos porcentajes de repetitividad, tanto entre mediciones como entre evaluadores. El sistema de evaluación en uso en la actualidad para el ganado lechero es una escala de 5 puntos con 1 correspondiente a una vaca extremadamente flaca y 5 a una con excesivos depósitos grasos⁸⁹.

- Condición corporal 1: Cavidad profunda alrededor de la base de la cola. Los huesos de la pelvis y alrededor de las costillas son filosos y se palpan fácilmente. No hay tejido graso en la pelvis o la región del lomo. Depresión profunda en el lomo por debajo de las apófisis transversas de las vértebras⁹⁰.
- Condición corporal 2: Leve concavidad alrededor de la base de la cola con algo de tejido graso recubriéndola y cubriendo las puntas de los huesos de la cadera. La pelvis se puede palpar fácilmente. Las extremidades de las costillas aparecen redondeadas y las superficies superiores se pueden sentir con una presión leve. Depresión visible en el área del lomo⁹¹.

⁸⁸ CALVACHE I, Navas A, Factores que influyen en la composición nutricional de la leche, 2012, <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/1320/1206>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

⁸⁹ WILTBANK JN, Effect of level of nutrition on growth and reproduction of beef females, 1982, Georgia Nutrition Conference, 16-18 February 1982, pp 138-146

⁹⁰ GARCÍA A, Hippen A, Alimentación de las vacas lecheras para condición corporal, Dairy Science Department, SDSU, 2012, http://web.htagsenetics.com/español/DairyBasics/Details/3086_Alimentacion-de-las-vacas-lecheras-para-condicion-corporal.html. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

⁹¹ Ibid. p. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

- Condición corporal 3: No hay cavidad alrededor de la base de la cola y una capa de tejido graso se puede palpar fácilmente sobre toda el área. La pelvis se puede palpar con ligera presión. Una capa gruesa de tejido cubre la parte superior las cuales aún se pueden palpar bajo presión. Leve depresión en el área del lomo⁹².
- Condición corporal 4: Pliegues de tejido graso se ven alrededor de la base de la cola con acúmulos de grasa recubriendo los huesos de la cadera. La pelvis se puede palpar con presión firme. Las costillas ya no se palpan. No hay depresión en el área del lomo⁹³.
- Condición corporal 5: La base de la cola está sepultada en una capa gruesa de tejido graso. Los huesos pélvicos no se pueden sentir ni aún con presión firme. Las costillas están cubiertas por una capa gruesa de tejido graso⁹⁴.

La calificación de la condición corporal puede usarse de forma rutinaria tanto para evaluar el estado nutricional del ganado en diferentes grupos de alimentación como para determinar la asignación adecuada de los distintos tipos de alimento⁹⁵.

Una buena opción para evitar la pérdida de condición corporal en las vacas lecheras, es brindarles alimentos ricos en energía logrando así cubrir los requerimientos energéticos de estos animales. Con el alto costo de los alimentos, una aproximación lógica es observar más de cerca el aumento en la eficiencia de utilización del mismo (con la implicación de que menos alimento se usa por el animal para producir la misma cantidad de producto). Un problema es que las mejoras en la eficiencia de utilización del alimento al comienzo de la lactancia están influidas

⁹² Ibid., p. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

⁹³ Ibid., p. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

⁹⁴ Ibid., p. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

⁹⁵ Ibid., p. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

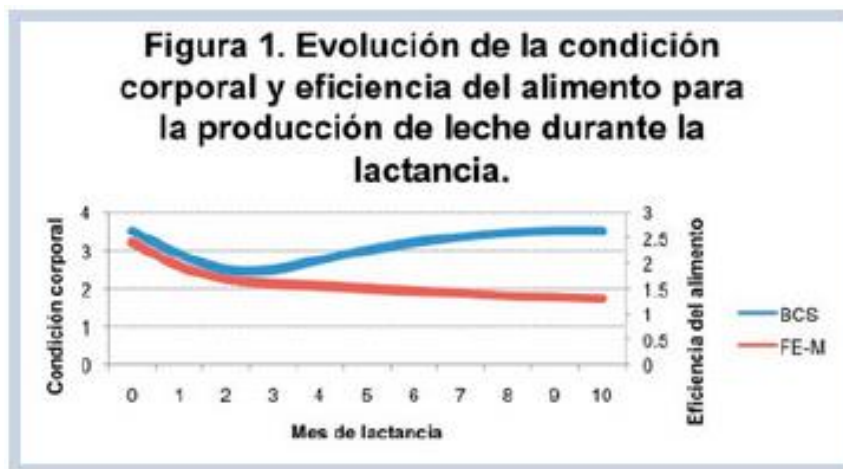
por una mayor movilización de energía corporal en comparación con la energía suministrada por el alimento⁹⁶.

A comienzos de la lactancia, la eficiencia del alimento para producción de leche es artificialmente alta (EA 2,4) y resulta de una baja en el consumo inicial de alimento combinada con la movilización de la grasa corporal. Como resultado, una vez que el consumo de alimento comienza a aumentar, en los primeros dos meses de la lactancia, la eficiencia del alimento para producción de leche disminuye drásticamente (de la mano con el incremento en el consumo de alimento) y continúa disminuyendo durante lo que queda de la lactancia. Luego de la octava semana de lactancia, la energía suministrada por el alimento tiende a equiparar la requerida para la producción de leche. En ese momento, la vaca comienza a ganar condición corporal, mientras que la eficiencia del alimento para la producción de leche continúa en una caída constante. Mejorar la eficiencia del alimento sin poner atención a la condición corporal puede por lo tanto afectar de forma negativa la fertilidad, productividad y la salud animal en general. Además, alimentar para obtener una condición corporal adecuada es muy importante para reducir la incidencia de problemas de salud. Ha sido sugerido que un 1% de aumento en la variación del consumo de materia seca aumenta la posibilidad de incidentes post-parto en un 4%⁹⁷.

⁹⁶ Ibid., p. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

⁹⁷ McGUFFEY R, Symanowskil J, Kubel J, Shirleyz J, Wallace R, and Clark J, Variation in feed intake as a predictor for the subsequent occurrence of health conditions in the postpartum transition cow, 1997, Journal of Dairy Science Vol 80, Suppl. 1.

Figura 1. Evolucion de la condicion corporal y eficiencia del alimento para la produccion de leche durante la lactancia⁹⁸.



Fuente: McGuffery R, Symanowskil.

Las vacas deben terminar la lactancia en la condición corporal que sería deseable al parto (ej. 3.5) para evitar la necesidad de ganar peso durante el periodo seco. Una condición corporal en exceso de 3.5 a 3.75 durante el periodo seco comparada con la condición corporal ganada durante la lactancia puede llevar a un aumento en la incidencia de vacas gordas e hígados grasos al parto. Por otro lado, sub-alimentar a las vacas secas sea para hacerles perder peso excesivo y/o como resultado del suministro de forrajes de baja calidad o restricción del suministro de alimento, puede llevar a movilización de grasa corporal y aumentar la incidencia de cetosis⁹⁹.

d. Ganancia diaria de peso: La vaca pierde peso especialmente en el parto, en donde se habla de que, entre el peso de la cría y las placentas, se puede llegar a perder 100 Kg de peso vivo. Pero también se pierde peso, especialmente en vacas de media a alta producción diaria durante la lactancia, por el desgaste del cuerpo que hace la vaca para compensar la deficiencia de nutrientes presentada en su cuerpo debido a la mayor demanda de nutrientes para producción de leche. Este

⁹⁸ Ibid., Suppl. 1

⁹⁹ Ibid., Suppl. 1

desbalance, y consiguiente pérdida de peso, es mayor si la vaca no recibe los nutrientes alimenticios necesarios¹⁰⁰.

La tendencia general en el cambio de peso, durante la lactancia en una disminución rápida después del parto hasta aproximadamente la quinta semana, indicando la movilización del tejido corporal para ayudar a sostener la producción de leche. El peso corporal permanece casi estable de la quinta a la décima semana postparto y después empieza a incrementarse hasta el siguiente parto¹⁰¹.

Se ha revelado que los genes Holstein son desfavorables para la conversión alimenticia; lo cual puede complicar el asunto de la pérdida de peso de las vacas lactantes al principio de la lactancia¹⁰².

Al analizar los cambios mensuales, en el peso corporal, en 334 períodos postparto de vacas Holstein registradas en el hato Paysandú de propiedad de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Se encontró un promedio de peso corporal, en el punto más bajo del período, de 520.4 kg; siendo 72 kg por debajo del peso reportado para vacas Holstein en USA, lo cual indica que nuestras vacas están por debajo del standard de la raza. El peso más bajo se registró al final del segundo mes, y solo hacia el sexto mes la vaca vuelve a tener el mismo peso que tenía después del parto. El promedio de ganancia diaria de peso de las vacas, durante todo el período postparto fue de 135 gramos; y la pérdida de peso durante los primeros dos meses es de 167 gramos diarios¹⁰³.

¹⁰⁰ ORTEGA A, Cambio de peso a través de la lactancia en vacas holstein de un hato del oriente antioqueño, 1997, <http://www.bdigital.unal.edu.co/30008/1/28749-103084-1-PB.pdf>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

¹⁰¹ SALFER J, et al, Early lactation responses of holstein cows fed a rumen inert fat prepartum, postpartum or both. En: Journal of Dairy Science. Vo1.75; NO.2 (1995); p.368. 41.

¹⁰² PAIBA J, Madalena F, Teodoro R, Comparative performance of six Holstein Friesians X Guzera grades in Brazil, Parte 6, Breed additive and heterosis effects on components of feed conversion efficiency in Heifers, 1992, Revista Brasileira de Genetica, Vol 15, No 3; p 395-600.

¹⁰³ Ibid., p 395-600.

6.6 ANALISIS DE QUIMICA SANGUINEA EN BOVINOS

6.6.1 Consideraciones generales para una correcta toma de muestra. Los métodos de examen (de una muestra de sangre) pueden ser de tres tipos:

- **Hematológicos:** La mayoría de éstos exámenes se llevan a cabo en muestras sin coagular, por lo que se debe usar el anticoagulante apropiado.
- **Bioquímicos:** Estos exámenes exigen variedad de métodos de tratamiento para sangre, dependiendo del carácter del test requerido.
- **Serológicos:** Estos test se efectúan generalmente en suero, requiriéndose en este caso muestras de sangre coaguladas¹⁰⁴.

6.6.1.2 Exámenes hematológicos. Cuando se recoge una muestra de sangre de un animal es muy importante evitar que éste se excite, de otro modo, pueden producirse (con gran rapidez) cambios importantes en la composición de la misma, aún en animales sanos, es por ello, que a veces la mera presencia de personas extrañas, ruidos desconocidos o la simple maniobra de tirar la soga de sujeción para su control, pueden causar una marcada alteración en el conteo de eritrocitos, llevando a un incremento del mismo hasta un 20% en 2 minutos y a una variación en el leucograma conforme a una pseudoneutrofilia¹⁰⁵.

Pueden ser utilizados tranquilizantes en sujetos cuya conducta hacen difícil la toma de muestra, pero hay que tener en cuenta que también pueden tener efecto sobre los constituyentes sanguíneos como, por ejemplo, la hemodilución provocada por la acetilpromacina y la consecuente pseudoneutropenia observada. Por ello, cuando se usa un tranquilizante para la obtención de una muestra sanguínea, la dosis y el

¹⁰⁴ Universidad nacional del litoral facultad de cs. Veterinarias cátedra de fisiología- año 2009 trabajo complementario n° 1, Material de laboratorio – su limpieza. Material de laboratorio en hematología extracción de sangre uso de anticoagulantes, 2009, www.fcv.unl.edu.ar/archivos/grado/catedras/.../01Limpiezayextracciondesangre.doc, [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁰⁵ Ibid., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

tiempo de duración de su efecto, deben ser tenidos en cuenta al interpretar un resultado hematológico¹⁰⁶.

En caso de tener que enviar la muestra a un laboratorio distante es recomendable además de preservar la temperatura, que la muestra se aíse de los choques o movimientos bruscos para evitar la lisis globular o ruptura del recipiente¹⁰⁷.

Debe tenerse presente que el responsable de tales daños y/o los que pudieran traer como consecuencia de un mal acondicionamiento de la muestra es siempre el remitente. Por esta razón las muestras de sangre son empaquetadas en un material que absorba los posibles golpes y sea aislante térmico, como por ejemplo la espuma de polietileno. El extendido de sangre puede enviarse perfectamente identificado entre dos cartones ad hoc o material resistente a las quebraduras o torceduras. No debe ser refrigerado debido a que la condensación de gotas húmedas sobre el mismo, provocaría la lisis de los glóbulos rojos y su consiguiente deterioro¹⁰⁸.

Un sistema ideal para emplear en la extracción de sangre en grandes animales es el uso de un tubo de vidrio graduado con tapón de goma, el cual se le produjo el vacío para permitir automáticamente la muestra. Comercialmente se proveen limpios y estériles y su uso es apropiado en las condiciones a campo y/o con clima lluvioso. Debe usarse con precaución en la especie equina, pues si el vacío es muy intenso, puede traer aparejada la hemólisis de la muestra¹⁰⁹.

6.6.1.3 Obtención de la muestra de sangre. Para obtener una muestra de sangre de calidad, se requiere tener los elementos necesarios para tomarla de forma rápida y segura.

¹⁰⁶ Ibid., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁰⁷ Ibid., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁰⁸ Ibid., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁰⁹ Ibid., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

Requisitos:

- Material seco.
- Agujas de calibre apropiado, bisel afilado.
- Buena sujeción del animal.
- Buena técnica de extracción.
- Manejo suave de la muestra.
- Elección correcta del anticoagulante.
- Buena mezcla del anticoagulante con la muestra.

6.6.1.4 Interpretación química sanguínea. Aunque la interpretación de los resultados en bioquímica plasmática es bastante específica para cada constituyente en particular, existen unos principios básicos generales que se pueden seguir¹¹⁰.

El plasma es básicamente un fluido extracelular en movimiento, que transporta un gran número de sustancias desde sitios de absorción o producción a sitios de utilización o excreción. Una vez tenemos el resultado contrastado, el primer factor en el que debemos pensar, debe ser si existe alguna razón para que esta sustancia esté en el plasma, es decir, si su presencia justificada o no. El paso siguiente debe ser saber de dónde viene y a dónde va esta sustancia, es decir, cuáles son los mecanismos responsables de su incorporación y su eliminación del plasma, y el control de dichos mecanismos¹¹¹.

A partir de aquí no nos será difícil empezar a diferenciar las causas de la existencia de concentraciones anormales de cualquier sustancia. Unas concentraciones anormalmente bajas, pueden ser debidas a, bien una incorporación al plasma disminuida (un deterioro en la síntesis, deficiencia nutricional, pobre absorción, falta de precursores...) o bien a un aumento en su eliminación plasmática (demanda excesiva, excreción excesiva, pérdidas patológicas...). Al contrario, unas concentraciones anormalmente altas, pueden ser debidas bien a un aumento de su incorporación al plasma (aumento de la producción o de la entrada, liberación

¹¹⁰ Idexx laboratorios, Guía de Interpretación Rápida – Bioquímica Clínica, 2016, <http://www.idexx.es/smallanimal/reference-laboratories/support/interpretation-guide.html>, [Consultado: Sábado 02 de julio de 2016].

¹¹¹ Ibid. [Consultado: Sábado 02 de julio de 2016].

patológica del compartimento intracelular...) o bien a una disminución de su eliminación plasmática (disminución de su utilización, excreción impedida...) ¹¹².

- **Colesterol**

La determinación del colesterol total es esencial para la prevención primaria y secundaria de las enfermedades cardiovasculares, ya que es el principal factor de riesgo para la aterosclerosis y la cardiopatía coronaria (chd).

Tabla 1. Aumento y disminución de colesterol ¹¹³.

Disminución	Aumento
Disminución de la absorción En problemas de mala absorción, mala digestión (Enteropatía con pérdida de proteínas, insuficiencia pancreática exocrina.)	Hipotiroidismo, <u>Hiperadrenocorticismo</u> , Diabetes mellitus
Disminución de la producción: <u>Shunts</u> Porto sistémicos, Fallo hepático	Dietario, Postprandial
<u>Colestasis</u>	Medicaciones: corticoides
Enfermedad endocrina	Síndrome nefrótico
	Hiperlipidemia primaria: Hipercolesterolemia idiopática, <u>Hiperquilomicronemia</u> primaria (f), Deficiencia de <u>lipoproteína</u> lipasa (f)

Fuente: Idexx laboratorios, Guía de Interpretación Rápida

La mayoría de los animales pueden tener niveles elevados de colesterol después de alimentarse con grasa, también en disfunción hepática incluyendo la obstrucción del conducto biliar, porque la destrucción de las células hepáticas trae como consecuencia una disminución en la actividad metabólica del hígado y se reduce más la degradación del colesterol que la síntesis, por lo que los niveles en sangre aumentan. En hipotiroidismo los niveles de colesterol aumentan porque la carencia de hormonas tiroideas reduce la actividad metabólica de las células hepáticas así como también de las células de otras partes del organismo. También aumentan los

¹¹² Ibid. [Consultado: Sábado 02 de julio de 2016].

¹¹³ Ibid. [Consultado: Sábado 02 de julio de 2016].

niveles de colesterol en diabetes mellitus, en nefrosis y puede presentarse un ligero incremento con infarto al miocardio. los niveles bajos de colesterol pueden indicar debilidad o malabsorción de grasa pero son de muy rara incidencia. La determinación de colesterol total por el laboratorio es supremamente útil en el hipotiroidismo y en la nefrosis, en la disfunción hepática y diabetes mellitus se deben realizar otras pruebas más específicas. Para un óptimo resultado de laboratorio es preferible que el animal tenga un ayuno mínimo de 12 horas y que durante la toma de la muestra no se encuentre en condiciones de estrés, esto es supremamente difícil en nuestro medio, pero si es posible realizarlo, se obtendrán resultados más acertados¹¹⁴.

La mayor parte del colesterol es sintetizado in vivo en el hígado, y el resto proviene de la dieta¹¹⁵.

Tabla 2. Pruebas complementarias de colesterol¹¹⁶

Pruebas complementarias:	Es importante incluir el colesterol junto a las otras pruebas destinadas a investigar el metabolismo lipídico y triglicéridos.
---------------------------------	--

Fuente: Idexx laboratorios, Guía de Interpretación Rápida

A nivel mundial desde hace algunos años ha existido preocupación por el bienestar de la salud humana, esto provocado por la alta incidencia de enfermedades cardiovasculares, cáncer y obesidad. Esta situación fue atribuida, en un principio, a los malos hábitos alimenticios de las personas, específicamente al alto consumo de grasas, lo que provoca significativos incrementos de colesterol en la sangre, por lo que era recomendable evitar el consumo de este tipo de compuestos alimenticios y sus precursores. Sin embargo, estudios posteriores han demostrado que no todas las grasas son perjudiciales para la salud y ello dependerá del tipo de ácidos grasos

¹¹⁴ CANDO M, Química sanguínea veterinaria "norton", 2011, <http://www.actiweb.es/veterinarianorton/archivo9.pdf>, [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹¹⁵ Index laboratorios. Op. cit., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹¹⁶ Idexx. Op.cit., p. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

que contengan los alimentos. Entre estos se encuentran los ácidos grasos monoinsaturados (Mono Unsaturated Fatty Acids, MUFA), que contribuyen significativamente a la disminución del colesterol perjudicial o “malo” (LDL) en la sangre, y esto implica una menor incidencia de las enfermedades mencionadas anteriormente. Es esta la razón de la creciente tendencia alimenticia a consumir alimentos bajos en grasas saturadas y ricos en ácidos grasos monoinsaturados, así como también poliinsaturados¹¹⁷.

Una de las principales fuentes de ácidos grasos saturados es la leche y sus derivados, por lo que la industria lechera está tendiendo a la elaboración y comercialización de productos bajos en calorías, a los que se les extrae parte o la totalidad de la grasa. Esta situación se traspa al sector lechero productivo, debido a la gran demanda por este tipo de productos, lo cual ha provocado una disminución sostenida en el precio de la grasa láctea pagada al productor¹¹⁸.

- **Colesterol en bovinos**

En la producción lechera se destaca la importancia del nivel de energía de la ración y la actividad metabólica del hígado. Un déficit energético conduce a una lipomovilización importante y acumulación en el hígado, esto lleva a una alta proporción de animales que padecen el síndrome de hígado graso, lo que influye en forma negativa en la salud y en la performance del animal. Se puede decir que los bajos niveles de la fracción lipoproteica de colesterol en suero que presentan las vacas con problemas de salud (patologías en la producción), pueden ser consecuencia de un mayor grado de acumulación lipídica en el hígado [54]. La

¹¹⁷ Hazard S, Manipulación de la composición de la leche bovina a través de la alimentación, 2015, http://web.altagenetics.com/espanol/DairyBasics/Details/11139_Manipulacion-de-la-composicion-de-la-leche-bovina-a-traves-de-la-alimentacion.html. [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016]

¹¹⁸ Ibid., p. [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016]

concentración de colesterol también influye sobre las hormonas esteroideas afectando la performance reproductiva.

- **Biosíntesis**

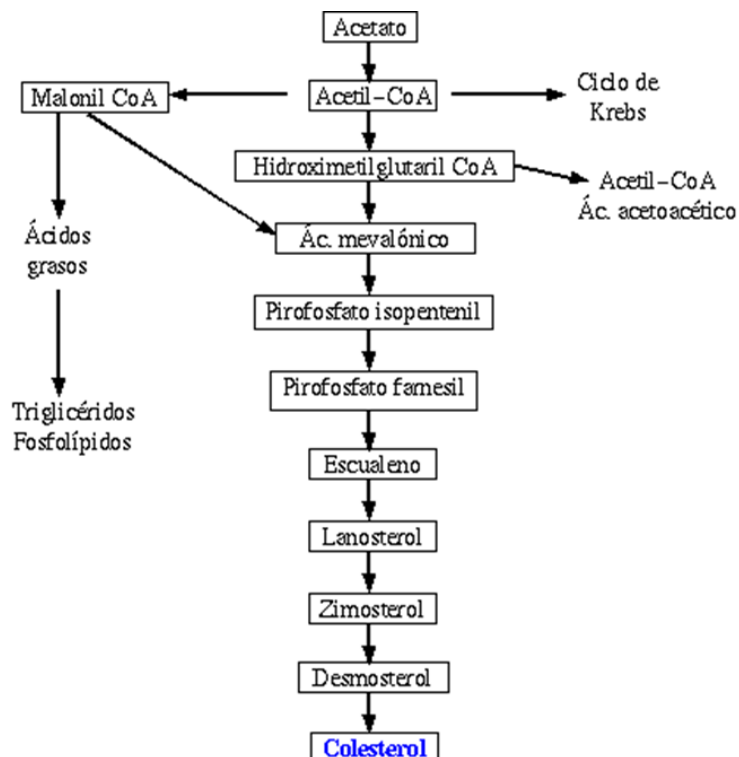
El acetil-CoA sirve como único precursor para la biosíntesis del colesterol. Aunque el hígado es el lugar principal de la síntesis del colesterol, se sabe que otros muchos tejidos sintetizan este esteroide, por ejemplo: intestino, piel, corteza adrenal, pared arterial y otros. La biosíntesis está regulada en parte por el aporte de colesterol. Niveles dietéticos altos de colesterol o la presencia de precursores del mismo, dan lugar a una depresión de su síntesis hepática. Los factores que causan disminución en los niveles de colesterol sirven para estímulo de la biosíntesis¹¹⁹.

En la regulación del nivel de colesterol tienen importancia las hormonas tiroideas ya que afectan a todos los aspectos del metabolismo de los lípidos, su efecto más acentuado es en la lipólisis. Uno de los efectos particulares de las hormonas tiroideas es la tendencia a disminuir el colesterol del plasma. Esto incluye dos efectos: por un lado hay un aumento en la absorción celular de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) con las moléculas de colesterol relacionadas y por otro una tendencia para incrementar la degradación del colesterol y las lipoproteínas de baja densidad (LDL). Es usual que estos efectos sobre el metabolismo de los lípidos se observen en situaciones fisiopatológicas relacionadas con una hipersecreción de hormonas tiroideas o en estado de deficiencia tiroidea, en los cuales la hipercolesterolemia es una de las características de la misma¹²⁰.

¹¹⁹ ALBÉITAR Portal Veterinaria, Colesterol en bovinos, 2001, <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3323/articulos-rumiantes-archivo/colesterol-en-bovinos.html>. [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016]

¹²⁰ Ibid. [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016].

Cuadro 2. Biosíntesis del colesterol¹²¹.



Fuente: Albeitar Portal Veterinaria, colesterol bovinos 2001.

• Transporte de lípidos sanguíneos

La totalidad de los lípidos en plasma se encuentran asociados con proteínas formando complejos lipoproteicos que aseguran su transporte. Existen diferentes tipos de lipoproteínas que difieren entre sí tanto en composición lipídica como proteica¹²². De acuerdo a su densidad se distinguen cuatro tipos de lipoproteínas:

- Quilomicrón
- Lipoproteína de muy baja densidad (VLDL)
- Lipoproteína de baja densidad (LDL)
- Lipoproteína de alta densidad (HDL)

¹²¹ Ibid., [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016].

¹²² Ibid., [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016].

Refiriéndonos al colesterol, éste se halla principalmente formando la LDL junto a la apoproteína B-100 y la HDL con las proteínas Apo-A (I II), Apo-C, Apo-D y Apo-E. Ambas lipoproteínas están involucradas en el transporte de lípidos endógenos. El colesterol procedente de las lipoproteínas captadas y degradadas por los hepatocitos es utilizado para la síntesis de ácidos biliares y secretado por la bilis hacia el intestino¹²³.

- **Catabolismo**

La desaparición del colesterol incluye:

- Excreción como esteroides en la bilis y conversión en ácidos biliares. El principal destino del colesterol es su degradación para formar ácidos biliares y sus derivados, las sales biliares. Colesterol ® Ácido Cólico (principal ácido biliar). La adición de una molécula de acil-CoA trae consigo la formación de colil-CoA, molécula intermediaria en la síntesis de las dos sales biliares mayoritarias, el ácido taurocólico y el ácido glicólico¹²⁴.

- **Producción de hormonas esteroideas:**

Tres clases principales

- Progestágenos
- Corticoesteroides (GCC-MCC)
- Hormonas sexuales

La pregnenolona es la primer hormona esteroidea derivada del colesterol y su síntesis es estimulada por la ACTH. A partir de ésta se obtiene progesterona, la cual a su vez le da origen a los corticoesteroides y a las hormonas sexuales.

- Precursor de la vitamina D3 por acción de la luz solar sobre D5-7 colesterol en la piel.
- Ciertos depósitos patológicos como cálculos de colesterol en canalículos biliares y placas que contienen colesterol en arterias¹²⁵.

¹²³ Ibid., [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016]

¹²⁴ Ibid., [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016]

¹²⁵ Ibid., [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016]

6.6.1.5 El colesterol y su relación con patologías de la producción en bovinos de leche:

En la producción lechera es fundamental cubrir las demandas energéticas para el mantenimiento y la producción. Debido a la fisiología especial que presentan los rumiantes, donde aproximadamente un 90% de la glucosa es producida por el hígado, la existencia de un déficit energético en la ración puede ser compensada movilizand las reservas energéticas almacenadas en el tejido lipídico¹²⁶.

Cabe señalar entonces la importancia que tienen:

- El nivel energético de la ración
- La actividad metabólica del hígado.

La puesta a disposición durante la fase de "vaca seca" de una ración fuertemente energética, es la condición necesaria y suficiente para la adquisición de un estado de esteatosis generalizado de numerosos tejidos (músculos) y órganos (hígado y riñones). Después del parto de un rumiante con alto potencial genético lechero, el rápido desequilibrio entre la energía disponible de origen alimentario y la energía exigible para la producción de leche, obliga a la movilización de las reservas lipídicas periféricas (lipomovilización)¹²⁷.

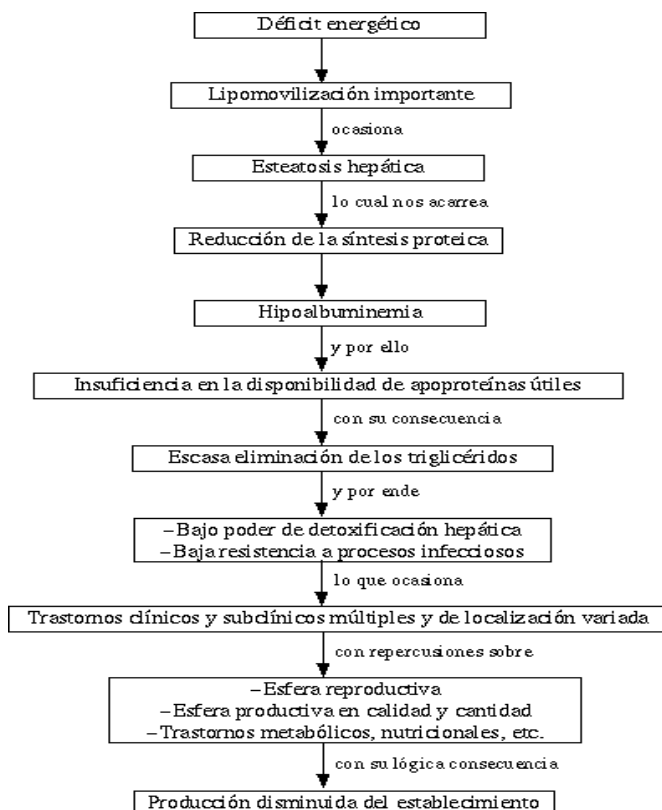
Se trata de una medida proteccionista impuesta por factores genéticos, ligados al carácter lechero, que refuerza la esteatosis anabólica preparto extrahepática. A continuación va seguido de una intensa lipólisis producida a partir de las grasas de reserva, liberando glicerol y ácidos grasos libres, precursores de triglicéridos en el hígado; esta lipólisis inhibe el centro de la alimentación (o ¿excita el centro de la saciedad?) determinando un síndrome de anorexia - hiporexia. Estos dos últimos síndromes se pueden deber además a la liberación de estrógenos en la cercanía del parto, insuficientemente metabolizados en hígado. Las anomalías del racionamiento energético, antes y después del parto, son suficientes para

¹²⁶ Ibid., [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016].

¹²⁷ Ibid., [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016].

desencadenar ciertos aspectos de los trastornos genitales, mamarios, digestivos, locomotores y otros más sutiles¹²⁸. En síntesis:

Cuadro 3. Lipomovilización¹²⁹.



Fuente: Rodríguez A, Grande G, Perusia.

Los animales que cursan con un déficit energético presentan elevada la concentración de lípidos en sangre y en leche; esto es uno de los síntomas más destacados del déficit de energía que padecen las vacas lecheras en los comienzos de la lactancia e indica la movilización lipídica compensatoria que se produce¹³⁰.

Los lípidos que se movilizan se acumulan en el hígado y llevan a una alta proporción de animales que padecen el síndrome de hígado graso, lo que influye en forma negativa en la salud y en la performance del animal.

¹²⁸ Ibid., [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016].

¹²⁹ RODRIGUEZ A, Grande G, Perusia O, Padoán C, Maiztegui J, Trastornos metabólicos en los animales domésticos, 1995, Nuestras Experiencias. 2ª edición. Editorial Círculo de Medicina Veterinaria.

¹³⁰ Ibid., p. 2 edición.

Debido a que en el transporte de los lípidos movilizados juegan un rol importante las lipoproteínas y sus contenidos lipídicos, un estudio para determinar los cambios en el contenido de colesterol en los complejos lipoproteicos en la sangre en vacas en lactación temprana que experimentan un déficit energético debido a un manejo nutricional deficiente¹³¹.

- **GLUCOSA.**

La medición de los niveles de glucosa en la sangre se indica principalmente para evaluar, detectar y controlar la hiperglicemia debido al padecimiento de diabetes mellitus, así como para monitorear su tratamiento. También sirve para diagnosticar una posible hipoglicemia. El nivel de glucosa sanguínea refleja las condiciones nutricionales, emocionales y endocrinas del sujeto. Después de la comida aumenta "hiperglucemia alimentaria" en animales monogástricos, pero no en los rumiantes. Durante la excitación aumenta probablemente como efecto de la liberación de norepinefrina. Por esta razón es costumbre obtener la sangre de individuos posabsortivos quietos, para determinar la "glucosa sanguínea en ayunas. La concentración de glucosa sanguínea aumenta por la norepinefrina, epinefrina y glucagón, tres sustancias glucogenolíticas, y por los glucocorticoides que inhiben la utilización de la glucosa y estimulan la gluconeogénesis¹³².

La concentración de glucosa disminuye por el ayuno o por el ejercicio prolongado, por el exceso de insulina ya sea por un insulinoma o por dosis altas de insulina como terapia; en toxemia, inanición y lesiones hepáticas; también disminuye en hipoadrenocorticalismo debido a una reducción en la secreción de las glándulas adrenales o a una producción reducida de ACTH por la glándula pituitaria. El animal en lo posible debe estar en "ayunas". (Mínimo 8 horas). Evitar en lo posible la fuerza en el momento de la toma de muestra, para minimizar las condiciones de estrés, que pueden alterar el metabolismo de los carbohidratos¹³³.

¹³¹ ALBEITAR. Op . cit., p. [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016].

¹³² CANDO. Op. cit., p. [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016].

¹³³ CANDO. Op.cit., p. [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016]

La glucosa es la fuente de energía del cuerpo y se regula por la acción conjunta de insulina y glucagón. La glucosa pasa por el glomérulo renal y se reabsorbe en su totalidad en los túbulos. Conforme la glucosa aumenta este mecanismo se satura y se pasa el umbral renal de la glucosa y ésta aparece en la orina¹³⁴.

Tabla 3. Pruebas complementarias de glucosa¹³⁵

Pruebas complementarias:	Debe medirse junto a la fructosamina y a la Insulina
Disminución	Fallo hepático Enfermedad endocrina Hipoadrencorticismo, Hipopituitarismo Inanición Neoplasia Hiperinsulinismo: Insulinoma, iatrogénia Idiopática: Perros toy, cachorros Septicemia Policitemia Leucemia
Aumento	Fisiológica: Postpandrial Medicamentos: Acetato de megestrol.... Diabetes mellitus Hiperadrenocorticismo Acromegalia Hipertiroidismo Pancreatitis aguda

Fuente: Cando M, química sanguínea veterinaria.

• Proteínas totales

Los principales contribuyentes a la presión osmótica del plasma sanguíneo son los iones y en una pequeña proporción las proteínas. Se distinguen dos grandes grupos de proteínas del plasma: las albúminas y las globulinas¹³⁶.

La albúmina de la sangre y las globulinas con excepción de algunas globulinas gamma, son sintetizadas en el hígado. Por lo tanto cualquier proceso que afecte la síntesis de albúmina disminuirá la relación A-G. La producción de anticuerpos puede

¹³⁴ Idexx. Op.cit., p. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹³⁵ CANDO. Op.cit., p. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹³⁶ CANDO. Op.cit., p. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

ocasionar algunos cambios en la concentración de gamma-globulina; sin embargo el cambio es más cualitativo que cuantitativo¹³⁷.

Una disminución en los niveles de las proteínas totales se debe siempre a un nivel bajo de la albúmina. Esto puede ocurrir por: Pérdida de albúmina en orina por nefrosis, pérdidas de proteínas plasmáticas por hemorragias, falta de ingestión de cantidades adecuadas de proteínas en la dieta, incapacidad del hígado para producir albúmina por hepatitis o cirrosis hepática. Un bajo nivel de proteínas en la sangre origina una reducción en la presión osmótica coloidal del plasma que puede producir edema. La hiperproteinemia o hiperalbuminemia por lo general ocurre en el mieloma múltiple, causado por altos niveles de inmunoglobulinas monoclonales, deshidratación, excesiva pérdida de agua, como en episodios de diarrea, también por un aumento en el nivel de globulina cuando no existe deshidratación, enfermedad de Addison y diabetes acidótica. La hemoconcentración, descenso en el volumen de agua plasmática, se refleja como una hiperproteinemia relativa, al verse aumentadas en el mismo grado las concentraciones de todas las proteínas plasmáticas individuales¹³⁸.

La hipoproteinemia o hipoalbuminemia se presenta en casos de malnutrición, edema, síndrome nefrótico, malaabsorción y cirrosis hepática severa. Al estar la albúmina presente a tan alta concentración el simple descenso de esta proteína puede ser causa de hipoproteinemia¹³⁹.

- **pH urinario**

El pH de una sustancia es una medición de su acidez tal como un grado es una medición de temperatura. Un valor específico de pH nos dice la acidez exacta.

Si el pH es muy bajo o muy alto desnaturaliza las proteínas que conforman al ser vivo y además aunque las variaciones sean muy pequeñas alteran el equilibrio

¹³⁷ CANDO. Op.cit., p. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹³⁸ CANDO. Op.cit., p. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹³⁹ CANDO. Op.cit., p. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

homeostático y pueden provocar secuelas. Generalmente una ligera variación del pH indica una alteración metabólica o bien puede ser el factor determinante en la proliferación de un hongo, virus o bacterias a nivel renal¹⁴⁰.

- **Homeostasis y regulación del nivel de pH en el cuerpo**

Hay varios sistemas mediante los cuales nuestro organismo regula los niveles de acidez o alcalinidad del cuerpo:

1. Mediante la respiración, que hace que el anhídrico que espiramos de un carácter ácido a la sangre¹⁴¹.
2. Mediante los riñones, ya que nuestro organismo forma una orina más o menos ácida según las necesidades de equilibrio¹⁴².
3. Mediante la alimentación. Una dieta errónea puede generar acidosis. El cuerpo también dispone de un almacén de bases orgánicas que utiliza para establecer el equilibrio en caso de que el pH del plasma varíe. Una mala alimentación provoca que estas reservas disminuyan y que pueda provocar acidosis¹⁴³.

- **Escala y medición de pH**

El pH es la escala que se utiliza para conocer la acidez o la alcalinidad de un elemento.

La escala de pH va desde 0 a 14, un pH de 7 significa un equilibrio entre la acidez y la alcalinidad y es considerado neutro, Si este índice está por encima de 7,8 (excesivamente alcalino) o por debajo de 7 (ácido) existe riesgo para la salud. El sistema que regula el pH en el organismo intenta mantener el pH en 7,4 (ligeramente alcalino) que es el valor ideal¹⁴⁴.

¹⁴⁰ RODRÍGUEZ. Op.cit., p., 2ª edición.

¹⁴¹ RODRÍGUEZ. Op.cit., p. 2ª edición.

¹⁴² RODRÍGUEZ. Op.cit., p. 2ª edición.

¹⁴³ RODRÍGUEZ. Op.cit., p. 2ª edición.

¹⁴⁴ RODRÍGUEZ. Op.cit., p. 2ª edición.

- **Valores normales de pH en orina**

Orina Bovinos pH: (7,4-8,4 pH)¹⁴⁵

- **Cetonas o betahidroxibutirato (BHB)**

La causa determinante de la cetosis bovina es la instauración de un equilibrio energético negativo que coincide con las mayores exigencias energéticas. La máxima capacidad para ingerir alimentos no se consigue hasta las 7-8 semanas posparto, por lo que durante este periodo se promueve la movilización de las grasa de reserva y, al quemar estas en exceso, se producen grandes cantidades de cuerpos cetónicos¹⁴⁶.

Dentro de las causas predisponentes se incluyen:

- Vacas de elevada producción láctea.
- Numero de parto (mayor incidencia del tercero al quinto).
- Falta de ejercicio (estabulación permanente).
- Excesiva ingestión de alimentos ensilados (contienen mucho butirato).
- Carencia de cobalto (interviene en el metabolismo del propionato)¹⁴⁷.

El diagnóstico de la cetosis puede realizarse mediante mediciones de distintos cuerpos cetónicos en muestras de leche, sangre u orina, sin embargo, el análisis de BHB en sangre es el método de referencia para las explotaciones de vacuno lechero, ya que el BHB es el cuerpo cetónico más estable. Se consideran positivas a cetoadicidosis subclínica las vacas con un valor de BHB en sangre por encima de 1,2 mmol/L¹⁴⁸.

¹⁴⁵ GASQUER, Enciclopedia bovina, 2008, http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e_bovina/05CaracteristicasGeneralesdeBovinos.pdf, 1ra edición pag 231-233, [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

¹⁴⁶ Fidalgo L, Rejas J, Ramos J, Patología médica veterinaria: libro de texto para la docencia de la asignatura, 2003, 2da edición, Pag 349 – 351.

¹⁴⁷ Ibid., p. 349-351

¹⁴⁸ JIMÉNEZ A, Estudio económico sobre monitorización de BHB y tratamiento con propilenglicol en vacas de leche, 2015, <http://www.reproadaction.com/es/Trials-y-Articulos/2015.01.02-Estudio-economico-sobre-monitorizacion-de-BHB-y-tratamiento-con-propilenglicol-en-vacas-de-leche>, [Consultado: Sábado 02 de julio de 2016]

La monitorización de la cetosis en el posparto es una herramienta útil en el control de la reproducción, existiendo varios estudios que constatan la relación entre la cetosis diagnosticada en el posparto temprano y la eficiencia reproductiva¹⁴⁹.

- **Monitorización metabólica**

La mejor manera de diagnosticar cetosis es a través de la medición de β -OH-butirato (BHB) en sangre o leche¹⁵⁰.

Un aspecto importante a considerar es que el BHB en sangre tiene dos orígenes:

- La oxidación parcial de ácidos grasos a nivel hepático.
- La conversión en la pared ruminal del ácido butírico (generado por la fermentación de alimento en el rumen) en BHB¹⁵¹.

Por tanto, podría darse la situación de encontrar niveles moderados de BHB en sangre inducidos por un elevado consumo de materia seca (en cuyo caso es poco probable que la vaca estuviese en cetosis subclínica). Por eso es muy importante que las muestras de sangre para la determinación de BHB se tomen como mínimo 4-5 horas después de la oferta de la comida de la mañana (cuando mayor consumo de materia seca tiene lugar). Algunos productores prefieren obtener una muestra de sangre de la vena mamaria, pero este tipo de muestra no es válida para la determinación de BHB, pues los niveles de este metabolito en la vena mamaria son muy inferiores¹⁵².

¹⁴⁹ Ibid., p., [Consultado: Sábado 02 de julio de 2016].

¹⁵⁰ Bach A, Consecuencias de la cetosis subclínica en la vaca lechera y cómo detectarla y prevenirla, 2014, <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/11708/articulos-rumiantes-archivo/consecuencias-de-la-cetosis-subclinica-en-la-vaca-lechera-y-como-detectarla-y-prevenir-la.html>, [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

¹⁵¹ Ibid., [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

¹⁵² Ibid., [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

- **Escenarios de riesgo de cetosis**

Los dos factores principales que predispone a cetosis son:

- Un exceso de condición corporal en el momento del parto.
- El producto de la ingestión de materia seca y la densidad energética de ésta es muy inferior a las necesidades energéticas de la vaca para sostener su nivel de producción.

Por lo tanto, la cetosis no es un proceso que afecta sólo a las vacas de alta producción. De hecho, con frecuencia afecta a vacas poco productoras que alcanzan el parto con excesiva condición corporal¹⁵³.

Aquellas situaciones que comprometen la ingestión de materia seca, como por ejemplo un exceso de densidad animal en el patio de posparto, cambios frecuentes de vacas entre patios, estrés por calor, etc. representan un elevado riesgo de cetosis. Otra causa frecuente de problemas de cetosis son los ensilados de mala calidad, conocidos como “ensilados cetogénicos”. Este es el caso de silos de hierba con altos niveles de humedad, que resultan en fermentaciones durante el proceso de ensilado que producen elevadas concentraciones de ácido butírico¹⁵⁴.

¹⁵³ Ibid., [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

¹⁵⁴ Ibid., [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

7. METODOLOGÍA

7.1 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1.1 Ubicación geográfica del trabajo de campo. La investigación se llevó a cabo en la Hacienda El Valle finca San José, ubicada en la vereda Poravita del municipio de Oicata, Departamento de Boyacá, Colombia. Cuenta con un área total de 59 km², se encuentra entre los pisos térmicos frío y páramo cuya temperatura oscila entre 10 y 14°C y la precipitación se presenta entre 600 y 1.000 mm. La cabecera municipal de este municipio se localiza a los 5° 33' 40" de latitud norte y a 0° 47' 00" de latitud norte con relación al meridiano de Santafé de Bogotá; y a los 73° 18' 00" longitud al oeste de Greenwich. Su altura barométrica es de 2.815 m.s.n.m.

Se utilizaron 3 vacas de 35 existentes en el hato, estas fueron de primer parto, de la raza Holstein con edades similares y etapa de producción, que se encontraban en pastoreo, y fueron suplementadas con tres tratamientos los cuales rotaron por cada una de ellas así:

- T1. Forraje + 6 gr/Kg pv de alimento concentrado (Finca leche standard formula 1)
- T2. Forraje + 6 gr/Kg pv de alimento (FES-papa)
- T3. Forraje + 9 gr/Kg pv de alimento (FES-papa)

Cada animal se consideró como una unidad experimental, bajo un modelo de cuadrado latino 3x3; el tiempo de evaluación fue de 90 días distribuidos en dos semanas de acostumbamiento una de evaluación y una de descanso, por cada uno de los tratamientos.

Cada vaca recibió forraje fresco de kikuyo a voluntad (pastoreo) y el correspondiente suplemento a estudiar a razón de 6 y 9 gr, por kg de PV. Posteriormente, a un periodo de adaptación de 14 días se midió la producción y calidad de leche, por un

periodo de tiempo de una semana. El consumo de suplemento se midió diariamente, por diferencia del alimento ofrecido y el alimento rechazado. El forraje se suministró a voluntad (pastoreo).

Tabla 4. Ficha de los animales participantes del estudio.

Vaca #	Fecha nacimiento	Fecha de parto	Peso inicial	Días de lactancia	Producción de leche inicial
36	23/08/2013	28/02/2016	416	42	14.2
37	18/09/2013	19/01/2016	453	82	20.5
38	30/11/2013	19/01/2016	332	82	16.1

Fuente: Los autores

Para conocer los cambios de peso vivo se pesaron los animales sin ayunar a las 6:00 horas, durante dos días consecutivos al inicio del experimento y posteriormente al finalizar cada periodo experimental.

7.1.2 Preparación del Alimento FES-papa. Se tomaron las diferentes materias primas y demás elementos requeridos para la elaboración del alimento, la papa se picó en un molino impulsado por un motor diésel, posteriormente se llevó a una mezcladora mecánica, donde se mezcló la papa con el material secante que para este caso se utilizó la harina de alfalfa, y se adicionó la Premezcla mineral, la urea, el carbonato de calcio, el sulfato de magnesio, la melaza y el inóculo **Tabla 5**. Dicha mezcla se empacó en bolsas plásticas de un peso promedio de 45 a 50 Kg y se llevó a fermentación en un invernadero rustico el cual garantizó una temperatura promedio de 20°C.

Tabla 5. Composición del suplemento FES-papa.

COMPONENTE	PORCENTAJE DE INCLUSIÓN (%)
Papa	78.8
Material Secante (harina alfalfa)	15
Urea	1
Premezcla Mineral	0.5
Sulfato de Magnesio	0.2
Melaza	2
Inóculo	2
Carbonato de calcio	0.5

Fuente: Los autores

Para la alimentación de las vacas en estudio se utilizó un alimento comercial, es de anotar que este alimento comercialmente es el de mejor calidad utilizado en la ganadería especializada en leche de la zona, y presenta la siguiente composición.

Tabla 6. Composición bromatológica del alimento comercial.

Proteína	Mín. 18%
Grasa	Mín. 4%
Fibra Cruda	Máx. 12%
Cenizas	Máx. 12%
N.D.T.	Mín. 78%
Humedad	Máx. 13%
Registro sanitario ICA No. 6581 AL	

Fuente: Los autores

7.1.3. Manejo de los Animales y su alimentación. Los animales en el tiempo del estudio estuvieron en potrero con forraje a voluntad el cual se consideró como un monocultivo de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con un tiempo promedio de desarrollo entre 45-50 días al pastoreo, los animales se llevaron dos veces al establo de ordeño a las 4:00 am y a las 3:30 pm respectivamente, donde se les ofrecía el suplemento en cantidades de 6 o 9 gr/Kg del PV de MS según el tratamiento, ya que esta cantidad estimula la digestión y el consumo de pasto [9]. A los animales que consumieron los diferentes tipos de alimentos producidos por FES se les ofrecía 6 y 9 gr/Kg del PV, para tratar de suministrar aproximadamente la misma concentración de carbohidratos no estructurales que el alimento concentrado comercial del cual fueron ofrecidos 6 gr/Kg del PV y con esto poder lograr su comparación, es importante anotar que el periodo de evaluación del presente estudio se realizó en época de sequía lo cual pudo influir en el comportamiento productivo de los animales por las limitaciones en la producción de biomasa del forraje.

- **Cambios en el peso vivo (PV)**

Las variaciones en el PV de los animales se realizó por medio de la utilización de una cinta métrica para razas lecheras, los animales se pesaron a las 6:00 a.m., al inicio del experimento, y al final de cada uno de ellos. Dichos pesajes se utilizaron para ajustar el consumo del suplemento en cada uno de los tratamientos. El criterio de evaluación corporal se realizó por medio de los parámetros de evaluación corporal de Elanco.

- **Producción y calidad de leche**

La producción se midió con un peso de reloj y balde, se recogió el total de la ordeña producida en la mañana y en la tarde, para pesarse en kilogramos producidos/día, registro llevado al inicio y final de cada tratamiento expresado como producción inicial y producción final, posteriormente para la medición de la calidad de la leche se realizó de la colecta de la ordeña de la mañana, muestra tomada una vez se homogenizaba el total de la leche se procedió al muestreo, estas muestras se guardaron en una cava refrigerada para su transporte, dichas muestras fueron procesadas en el laboratorio de la UPTC. Procesándose el mismo día en el equipo LACTOSCAN, Milk Analyzer, guardando los protocolos requeridos para el funcionamiento del equipo.

- **Valores hematológicos**

Para identificar las variaciones en la composición sanguínea de los animales en estudio, se llevaron a cabo muestreos al inicio y al final de cada tratamiento (semana 1 y semana 3); para tomar la muestra se utilizaron materiales como jeringa, aguja # 18, tubos tapa lila; y fueron transportados en una cava refrigerada, dichas muestras fueron procesadas en el laboratorio zoolab de la ciudad de Sogamoso, y se evaluaron los siguientes parámetros: Colesterol, proteínas, glucosa y betahidroxibutirato o BHB (cetonas).

- **pH urinario**

Para registrar las variaciones del pH en orina, se llevaron a cabo muestreos al inicio y al final de cada tratamiento (semana 1 y semana 3); se utilizó un recipiente de muestras de orina para coleccionar la micción de las vacas, esta muestra fue coleccionada en cuanto las vacas estaban miccionando, esto con el fin de no contaminar la muestra; las muestras se guardaron en una cava refrigerada y posteriormente se trasladaron para su análisis al laboratorio.

7.1.4. Indicadores Bromatológicos en el Pasto y el Alimento FES. Las muestras de pasto se coleccionaron en la pradera, se colocaron en bolsa de papel y se llevaron al laboratorio de nutrición y alimentación animal de la UPTC, donde se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C, y posteriormente se incrementó la temperatura a 105°C, para obtener la materia seca residual, el material se molió en un molino de martillo marca UDY®, con criba de 1 mm, para análisis químico, tabla 7.

7.1.4.1. Porcentaje de humedad (%H). Se toma el peso de la capsula vacía en la balanza analítica; se pesan 1 a 2 gramos de muestra pulverizada y se depositan en la capsula; se pone a secar en la estufa a 60°C durante 24 a 48 horas dependiendo el estado de humedad en que se encuentre la muestra. Posteriormente, se saca la capsula, se deja enfriar y se toma el peso.

7.1.4.2. Porcentaje de materia seca (%MS). Este parámetro se obtiene restando del 100 el valor reportado en la humedad.

7.1.4.3. Porcentaje de cenizas (%CZ) Se toma el peso del crisol vacío, se pesa aproximadamente de 1 gramo de muestra y se anota el valor, se adiciona la muestra en el crisol y este se coloca dentro de la mufla, se debe calcinar a 550°C por un periodo cercano a las 4 horas, se sacan y se ponen a secar en el desecador y posteriormente se toma el peso.

7.1.4.4. Porcentaje de fibra cruda (%FC). Pesar 0.1 gr de muestra seca y pulverizada y el crisol limpio y seco, colocar la muestra dentro del crisol y ponerlos

en el extractor. Adicionar 25 ml de ácido sulfúrico y 2 a 5 gotas de octanol, poner a hervir durante 30 minutos, luego filtrar el ácido sulfúrico mediante la bomba de vacío, lavar tres veces con agua caliente desionizada. Posteriormente, adicionar 25 ml de hidróxido de sodio y 3 a 5 gotas de octanol, hervir otros 30 minutos, filtrar y lavar nuevamente. Realizar un último lavado con agua fría desionizada, y finalmente lavar tres veces con 25 ml de acetona. Retirar los crisoles y ponerlos a secar en la estufa a 105°C por una hora. Dejar enfriar en el desecador, tomar peso. Poner los crisoles en la mufla a 550°C por tres horas, enfriar en el desecador, pesar.

7.1.4.5. Porcentaje de fibra en detergente neutro (%FDN). Pesar 0.1 gr de muestra seca y pulverizada y el crisol limpio y seco, colocar la muestra dentro del crisol y ponerlos en el extractor. Adicionar 25 ml de solución detergente neutro a temperatura ambiente dentro del crisol y algunas gotas de octanol, calentar hasta hervir por 45 minutos, filtrar y lavar tres veces con agua hervida. Secar durante 8 horas a 105°C en la estufa y dejar enfriar en el desecador. Tomar peso del crisol más el residuo.

7.1.4.6. Porcentaje de fibra en detergente ácido (%FDA). Pesar 0.1 gr de muestra seca y pulverizada y el crisol limpio y seco, colocar la muestra dentro del crisol y ponerlos en el extractor. Adicionar 25 ml de solución detergente ácido a temperatura ambiente dentro del crisol y algunas gotas de octanol, calentar hasta hervir por 60 minutos, filtrar y lavar tres veces con agua hervida. Secar durante 8 horas a 105°C en la estufa y dejar enfriar en el desecador. Tomar peso del crisol más el residuo.

7.1.4.7. Porcentaje de proteína cruda (% PC). Pesar 0.5 gr de muestra seca, poner en el matraz kjeldahl, adicionar 3.5 gr de sulfato de sodio, 0.035 gr de selenio y 10 ml de Ácido sulfúrico (En total son seis matraces para seis muestras diferentes). Colocar el soporte metálico con los matraces en el digestor, el cual debe estar programado para una digestión a 420°C durante 30 min. Posteriormente, se saca el soporte y se comienzan a destilar las muestras en un destilador automático hasta recolectar 100 ml de destilado, los cuales deben recibirse en un Erlenmeyer con 25

ml de ácido bórico. Finalmente, al destilado se le adicionan 10 gotas de rojo de metilo y se titula con Ácido clorhídrico 0.2N, hasta que vire el color a una tonalidad rosada. Se apunta la cantidad de ml de HCL gastados, y se aplican las respectivas formulas.

7.1.4.8. Porcentaje de extracto etéreo (% EE). Secar, triturar y homogeneizar la muestra. Pesar entre 3 g de muestra sobre el papel filtro y el vaso seco aparte en la balanza analítica. Adicionar 30 a 100 ml de solvente en el vaso. Cerrar la unidad de extracción, iniciar el flujo de agua de refrigeración y el calentamiento. Cuando se inicia la ebullición del disolvente sumergir el dedal colocando el cursor en la posición 'Inmersión'. Después de 15 - 60 minutos extraer el cartucho del disolvente colocando el cursor en la posición 'Lavado'. Después de 30-60 minutos de lavado, cerrar la llave de paso situada bajo el condensador enfriado por el agua y evaporar completamente el disolvente del recipiente de extracción. Si el disolvente usado tiene a su vez el vapor pesado encender la bomba de aire para mejorar el desplazamiento hacia el condensador. Posteriormente, se seca el vaso con el contenido extraído en un horno durante 30 minutos a una temperatura lo suficientemente alta (80 – 1050C) como para evaporar los residuos de disolvente completamente. Enfriar el vaso en el desecador y luego pesar.

Tabla 7. Análisis químico del forraje (kikuyo).

Kikuyo (45-50 días)	
% H	67.1
%MSI	32.9
% MSR	90.9
% PC	10.1
% CZ	10.1
% FDN	54.9
% FDA	29.7
% EE	2.7

Fuente: Los autores

Con relación al alimento que se obtuvo por FES, se tomaron, muestras al azar del alimento terminado a los 30 y 90 días de elaboración, para los respectivos análisis

químicos y se realizó una muestra compuesta que fue secada y molida. Los análisis se realizaron en el laboratorio de nutrición y alimentación animal la UPTC.

Tabla 8. Análisis químico del alimento fes-papa.

Alimento FES-papa (30-90 días)	
% MS	76.1
% PC	18.9
% PV	12.72
% FDN	53.9
% FDA	33.4
% DIMS	73

Fuente: Los autores

7.2 TÉCNICA DE EXTRACCIÓN DE SANGRE

- Antes de punzar una vena superficial, es de gran ayuda confirmar su localización y su funcionalidad mediante la aplicación de una presión digital por unos momentos hasta que se detecte la distensión. Esto señala la posición de la vena.
- Se prepara la piel previa tricotomía y/o rasurado del pelo y se limpia el área con cualquier antiséptico utilizado en cirugía. Este debe dejarse evaporar, antes de introducir la aguja dentro de la vena.
- Generalmente es necesario ingurgitar la vena mediante la aplicación de presión con los dedos o un torniquete solo ligeramente apretado y que el éxtasis venoso local no se mantenga por un período superior a 2 minutos antes de tomar la muestra para no producir alteraciones en las proporciones celulares de la sangre.
- Se inmoviliza la vena estirando la piel sobre la misma.
- Se introduce la aguja con un ángulo de 30°; ésta debe tener un buen filo para minimizar traumatismos y para facilitar la operación (o la introducción) y además evitar la contaminación con fluidos tisulares que por su gran contenido en tromboplastina pueden resultar en una agregación plaquetaria o en una

coagulación parcial o total de la muestra, lo que nos invalida su posterior utilización.

- Con una ligera tracción del émbolo de la jeringa determinará si estamos en vena.
- En caso afirmativo la sangre debe fluir libremente hacia la jeringa, se debe evitar la succión violenta que puede provocar el colapso de la vena por el vacío que produce.
- Luego se extrae la aguja, interrumpiendo la presión que se ejercía en la vena.
- Se comprime por algunos minutos la piel sobre el punto de punción con un algodón embebido en antiséptico.
- Para transferir el contenido de la jeringa a un recipiente con anticoagulante apropiado se debe separar la aguja y descargar la sangre haciéndola deslizar suavemente por las paredes del tubo que deberá ser tapado inmediatamente.
- Luego se procede a hacerlo rotar suavemente entre índice y pulgar, inclinando levemente el tubo en forma alternativa, hacia arriba y abajo permitiendo así la correcta homogeneización de la sangre con el anticoagulante¹⁵⁵.

Es aceptable un volumen de sangre de 5 ml. para un adecuado estudio hematológico de rutina; en especies menores (canino, felino) este volumen puede reducirse a 2 ml.

Una vez obtenida la muestra es conveniente procesarla inmediatamente. En caso contrario se debe colocar en un refrigerador a 4°C y desecharse después de haber transcurrido más de 24 horas¹⁵⁶.

¹⁵⁵ Universidad nacional del litoral. Op.cit. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁵⁶ Universidad nacional del litoral. Op.cit., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

Si sólo se requieren unas gotas de sangre, éstas se obtienen rasurando un área de la superficie externa de la oreja, cerca del borde y luego de realizar la antisepsia de la zona, se punza la vena con una aguja o un instrumento puntiagudo adecuado. También se puede obtener pequeñas cantidades por punción de los pulpejos digitales (en pequeñas especies). En grandes animales (cerdo, bovino) por un corte en la punta de la cola o una pequeña incisión en la mucosa de los labios¹⁵⁷.

Las agujas y jeringas utilizadas deben ser perfectamente secas, de lo contrario puede producir hemólisis. La hemólisis dentro de una aguja está directamente relacionada con diámetro dentro del conducto y la velocidad de flujo¹⁵⁸.

7.2.1 Técnica de extracción de sangre en bovinos. Se puede extraer sangre de las venas yugular, mamaria (abdominal subcutánea) y caudales y de las arterias carótida, caudal y braquiales. La vena yugular puede ser ingurgitada presionando con los dedos el canal yugular. El vaso prominente se observa bien en la mayoría de las vacas y se palpa fácilmente en los animales obesos. Tiene aproximadamente 2 cm de diámetro. Se introduce en la vena una aguja larga calibre 14 y de 5 cm de longitud, o calibre 16 y 10 cm de longitud en un ángulo de 45° respecto a la piel paralelo al vaso sanguíneo. Puede ocurrir que la aguja atraviese la vena y que la punta quede fuera del vaso, entonces retirando la aguja lentamente se llevará la punta dentro de la luz del vaso. Una vez extraída la sangre, se quita la presión sobre la vena y se aplica presión manual, sin hacer fricción sobre el sitio de punción antes de sacar la aguja por 30 a 60 segundos después para evitar hemorragias y hematomas. La vena mamaria se punza en forma semejante. La vena caudal se encuentra muy cerca de la arteria, para realizar la punción se alza la cola y se clava una aguja pequeña calibre 20 ó 22 de 25mm y a 15 cm de la base de la cola verticalmente en la línea media hasta que penetre en el vaso. Se debe identificar la

¹⁵⁷ Universidad nacional del litoral. Op.cit., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁵⁸ Universidad nacional del litoral. Op.cit., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

sangre como venosa o arterial; esta última es más roja y emerge con mayor presión¹⁵⁹.

7.2.2 Lugar de extracción en bovinos

- **Vena yugular:** Se origina a la altura de la segunda vértebra cervical por la confluencia de la vena linguofacial y la vena maxilar. Corre por el surco yugular (ubicado entre el músculo esternomandibular y el músculo braquiocefálico) en dirección al tórax¹⁶⁰.
- **Vena caudal o coccígea media:** Acompaña a la arteria del mismo nombre. Pasa por los arcos hemales de las vértebras coccígeas¹⁶¹.
- **Vena mamaria craneal, vena de la leche o vena abdominal subcutánea:** Es muy voluminosa en las hembras en lactación. Es generalmente flexuosa y emerge en el borde anterior de la mama a unos 5 a 8 cm de la línea alba. Se dirige hacia craneal y lateral hundiéndose debajo del tejido cutáneo y abocando en la vena torácica interna¹⁶².

Tabla 9. Lugar de extracción de muestras sanguíneas en bovinos¹⁶³.

ESPECIE	VENA	AGUJA
BOVINO	yugular, coccígea	mamaria, 50/12, 40/8, 15/12

Fuente: Universidad Nacional del litoral.

¹⁵⁹ ZAPATA W, Fajardo H, Manual de química sanguínea veterinaria, 2010, http://www.microclin.com/archivos/manual_de_quimica_sanguinea_veterinaria_Zapata_Fajardo.pdf, [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁶⁰ Universidad nacional del litoral. Op.cit., p. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁶¹ Universidad nacional del litoral. Op.cit., p. [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁶² Universidad nacional del litoral. Op.cit., p., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

¹⁶³ Universidad nacional del litoral. Op.cit., p., [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

7.2.3. Análisis estadístico. Se realizó análisis de varianza según diseño cuadrado latino 3x3, debido a la cantidad de animales utilizados. El paquete estadístico utilizado para los análisis fue INFOSTAT, versión 2012.

Las variables a tener en consideración fueron producción de leche kg/día, composición de la leche, ganancia de peso diaria y condición corporal; el tiempo de evaluación fue de 3 meses, dividido así: dos semanas de acostumbramiento, una semana de evaluación donde se realizó el pesaje de los animales, pesaje de leche, toma de muestra de leche para análisis composicional y evaluación de condición corporal; una semana de descanso y vuelve a iniciar el ciclo con un diferente tratamiento, y de esta forma hasta que las vacas pasaron por los 3 tratamientos alimenticios.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Colombia el departamento de Boyacá se caracteriza por tener una amplia producción de papa (*Solanum tuberosum*), donde un elevado porcentaje de este tubérculo no es apto para consumo humano y por ende para su respectiva comercialización a nivel nacional; es por ello que se convierte en la alternativa más económica y practica a la hora de pensar en suplementar a los bovinos de la región. Cabe destacar que en la región es frecuente el suministro de papa cruda a los semovientes, siendo esta una forma sencilla de suplementar pero poco aprovechable por los bovinos, es por ello que se pensó en una alimento hecho a base de papa que por medio de la tecnología de fermentación en estado sólido (FES), permite incrementar sus niveles de proteína haciendo de este un alimento ideal y balanceado para suplementar a los animales en cualquier época del año a bajo costo y con el valor biológico similar al del concentrado.

A continuación presentamos los resultados obtenidos al evaluar un alimento con diferentes niveles de inclusión en la alimentación de 3 bovinos hembras en periodo de lactancia de la Hacienda El Valle en la vereda Poravita del municipio de Oicata Boyacá.

8.1 EFECTO DEL ALIMENTO (FES) papa SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE.

Los valores del volumen de producción láctea presentaron una disminución constante en los tres tratamientos. No se observa diferencia estadística significativa (> 0.05) entre los tratamientos con un comportamiento hacia la baja Tabla 10, normal para la curva de la lactancia, es importante anotar que los animales ya habían superado el pico de lactancia, lo cual hace que el comportamiento de su producción inicie tendencia a la baja. Es de resaltar el comportamiento de los animales al ser sometidos y comparados entre FES-papa (9gr) y el Concentrado comercial, donde casi se puede hablar de un comportamiento idéntico en la

producción. Estudios realizados en Ecuador en condiciones muy similares se suplementaron vacas en lactancia con papa fresca y se obtuvo un resultado similar donde no se evidencia alteración en la producción por el consumo de la papa frente al alimento concentrado¹⁶⁴.

Al implementar el Fes papa en la dieta de vacas lecheras, se pudo observar una mínima variación en la producción de leche con una consecuente disminución en los costos de producción.

En estudios relacionados con la utilización de la papa como alternativa de alimentación animal, se evaluó la variable producción de leche indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes dietas suministradas a vacas lecheras teniendo como base papa y acacia negra comparadas con alimento concentrado tradicional¹⁶⁵.

Tabla 10. Comportamiento productivo de las vacas en estudio suplementadas con 6 y 9 gr de fes-papa y 6 gr de concentrado.

Variables	T1 6 gr/kg/pv (concentrado)	T2 6gr/kg/pv (fes-papa)	T3 9 gr/kg/ pv (Fes-papa)	EE± y sign
Prod. Leche inicial (Its)	15,33	16,47	15,37	0,82 P=0,6175
Prod. Leche final (Its)	14,07	12,47	13,87	0,47 P=0,2227

Fuente: Los autores

¹⁶⁴ PROAÑO J, Evaluación del uso de papa (*Solanum tuberosum*) de rechazo como suplemento alimenticio para vacas Holstein durante la lactancia en Pichincha-Ecuador, 2013, <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1911/1/104841.pdf>. [Consultado: Domingo 12 de junio de 2016].

¹⁶⁵ BETANCOURT J, Cuastumal H, Rodríguez S, Navia J, Insuasty E. Alimentación de vacas holstein con suplemento de papa de desperdicio (*Solanum tuberosum*) y acacia negra (*acacia decurrens*), y su efecto en la calidad de leche, 2012, revista investigación pecuaria, Vol 1, No 3; p 41-51.

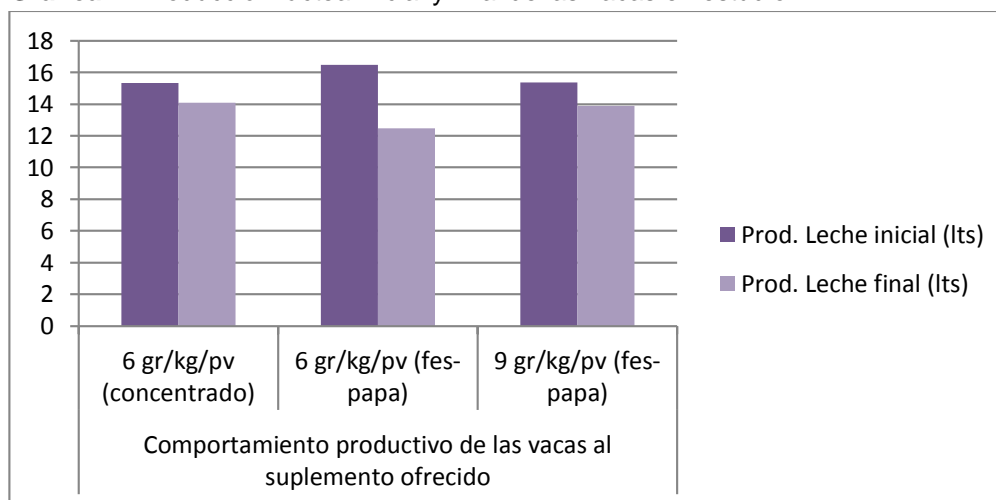
Se puede observar en la anterior tabla que hay una tendencia a la baja de producción, ya que el animal que fue suplementado con T1. Forraje + 6 gr/Kg pv de alimento concentrado presento una disminución de 1,26 lts/día, T2. Forraje + 6 gr/Kg pv de alimento (Fes-papa) presento una disminución de 4 lts/día y T3. Forraje + 9 gr/Kg pv de alimento (Fes-papa) presento una disminución de 1.5 lts/día; cabe resaltar que estas disminuciones se dan debido al periodo fisiológico de vacas en estudio, ya que a la hora de realizar el estudio estas se encontraban descendiendo de su pico de producción. Así mismo se encontró una mayor similitud en el comportamiento de la producción láctea de los animales alimentados con T1 Y T3, sin embargo no hay diferencia significativa estadística (> 0.05), por lo cual se asume que se comportan igual todos los tratamientos.

Tabla 11. Factor de corrección láctea (FCL) al 4% inicial.

Tratamiento	KG LECHE	%GRASA	KG GRASA	FCL
Tratamiento 1	15,33	3,44	0,527352	14,04228
Tratamiento 2	16,47	3,33	0,548451	14,814765
Tratamiento 3	17,37	3,16	0,548892	15,18138

Fuente: Los autores

Grafica 1. Producción láctea inicial y final de las vacas en estudio.



Fuente: Los autores

Tabla 12. Factor de corrección láctea (FCL) al 4% final.

Tratamiento	KG LECHE	%GRASA	KG GRASA	FCL
Tratamiento 1	14,07	3,57	0,502299	13,162485
Tratamiento 2	12,47	3,27	0,407769	11,104535
Tratamiento 3	13,87	3,83	0,531221	13,516315

Fuente: Los autores

8.2 EFECTO DEL ALIMENTO FES papa SOBRE LA CALIDAD DE LA LECHE.

Los valores de los parámetros composicionales de la leche a lo largo del estudio sufrieron una mínima variación. La evaluación de la calidad de la leche en todos sus componentes en estudio, no presento diferencias estadísticas entre si ya que el análisis estadístico evidencio valores (> 0.05), tabla 13 y tabla 14, ya que en promedio esta contiene un 86% de agua, 5% de lactosa, 4,1% de grasa, 3,6% de proteína, 0,7% de minerales y un pH de 6,6-6,7¹⁶⁶. Los parámetros están dentro de los rangos establecidos para la raza, la grasa está en promedio por encima de 3,5% lo cual es un dato promedio para la raza, destacándose el porcentaje más alto para el suplemento FES-papa (9gr/kg/PV), gracias a los aportes de fibra de la harina de alfalfa ingrediente incluido en el alimento FES-papa.

En otros estudios donde se tuvo como base de alimentación pastoreo + 4kg de papa cruda + 5kg de acacia + 200 gr de melaza se obtuvo un valor de 3,74% de grasa en leche¹⁶⁷, el cual para el presente estudio estuvo en un rango de 3,27-3,83%.

¹⁶⁶ RUIZ. Op.cit., p., [Consultado: lunes 13 de junio de 2016].

¹⁶⁷ BETANCOURT J, Cuastumal Rodríguez S, Navia J, Insuasty E. Alimentación de vacas holstein con suplemento de papa de desperdicio (*Solanum tuberosum*) y acacia negra (*acacia decurrens*), y su efecto en la calidad de leche, 2012, revista investigación pecuaria, Vol 1, No 3; p 41-51.

Tabla 13. Comparación de la calidad composicional de la leche con diferentes niveles de inclusión de FES-papa y concentrado.

Variable	T1 6 gr/kg/pv (concentrado)	T2 6gr/kg/pv (fes-papa)	T3 9 gr/kg/ pv (Fes-papa)	EE± y sign
Grasa inicial	3,44	3,33	3,16	0,39 P=0,8864
Grasa final	3,57	3,27	3,83	0,43 P=0,7043
Proteína inicial	2,77	2,90	2,76	0,05 P=0,2586
Proteína final	2,79	2,81	2,78	0,03 P=0,8046
pH inicial	6,73	6,75	6,69	0,03 P=0,5262
pH final	6,76	6,77	6,76	0,02 P=0,9032

Fuente: Los autores

Los sólidos totales (ST), entendidos como la sumatoria de los sólidos no grasos (SNG) y la grasa (G), en el presente estudio están en promedio 11,15% superando en tres unidades porcentuales lo reportado por otros autores, los cuales utilizaron papa en fresco y el valor obtenido fue de 8,1% de sólidos totales¹⁶⁸, este parámetro se debe tener en cuenta ya que es un indicador evaluable en la comercialización y definición del valor a pagar por litro de leche en Colombia. En dietas con inclusiones de papa fresca de 2 y 3 kilogramos animal se presentaron producciones muy inferiores, con diferencias superiores a los 5 litros animal día, en cuanto a otros parámetros de interés como la grasa y la proteína, presentaron datos semejantes a los obtenidos con FES-papa en el presente estudio¹⁶⁹. Dieta con consumos de 6 y 12 Kg de papa/animal día, presentan una diferencia muy significativa con el

¹⁶⁸ FONSECA D, Borrás L, Evaluación del efecto de la papa fresca incluida en un alimento para vacas Holstein sobre la producción y la calidad de la leche, 2013, Revista ciencia y agricultura, Vol.11, No.1 enero-junio 2014, Pag 55-65.

¹⁶⁹ PROAÑO J, Evaluación del uso de papa (*Solanum tuberosum*) de rechazo como suplemento alimenticio para vacas Holstein durante la lactancia en Pichincha-Ecuador, 2013, <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1911/1/104841.pdf>. [Consultado: Domingo 12 de junio de 2016].

presente estudio ya que estos altos consumos de papa fresca presentan un promedio de grasa en leche de 2,7 siendo ampliamente superado en 0,85 unidades porcentuales por FES-papa ya que se alcanzaron niveles de 3,83% de grasa en leche, así mismo la proteína en el trabajo con papa fresca supera en 0,3 unidades a FES-papa pero con consumos tres veces mayores de papa fresca¹⁷⁰. Vacas suplementadas con ensilaje de papa obtuvieron, niveles de grasa en leche de 3,19 y 3,42%, con inclusiones diferentes de silo¹⁷¹, datos muy inferiores a los reportados en el presente estudio, los cuales fueron de 3,83 y 3,27% con el consumo más bajo de FES-papa que corresponde al tratamiento T2: 6gr/kg/pv (fes-papa), es importante anotar que todos los trabajos antes mencionados fueron realizados en condiciones muy similares al trabajo planteado, condición climática, animales (raza) y algo muy importante todos ellos estaban en pastoreo en praderas de kikuyo como fuente básica de su alimentación.

Tabla 14. Comparación de la calidad composicional de la leche con diferentes niveles de inclusión de FES-papa y concentrado.

Variable	T1 6 gr/kg/pv (concentrado)	T2 6gr/kg/pv (fes-papa)	T3 9 gr/kg/ pv (Fes-papa)	EE± y sign
Densidad inicial	26,74	28,22	26,78	0,24 P=0,0771
Densidad final	27,10	27,55	26,79	0,73 P=0,7877
Lactosa inicial	4,15	4,35	4,15	0,07 P=0,2610
Lactosa final	4,19	4,18	4,17	0,04 P=0,9392
Sol. No grasos inicial	7,55	7,91	7,55	0,12 P=0,2590
Sol. No grasos final	7,61	7,59	7,59	0,06 P=0,9678

Fuente: Los autores

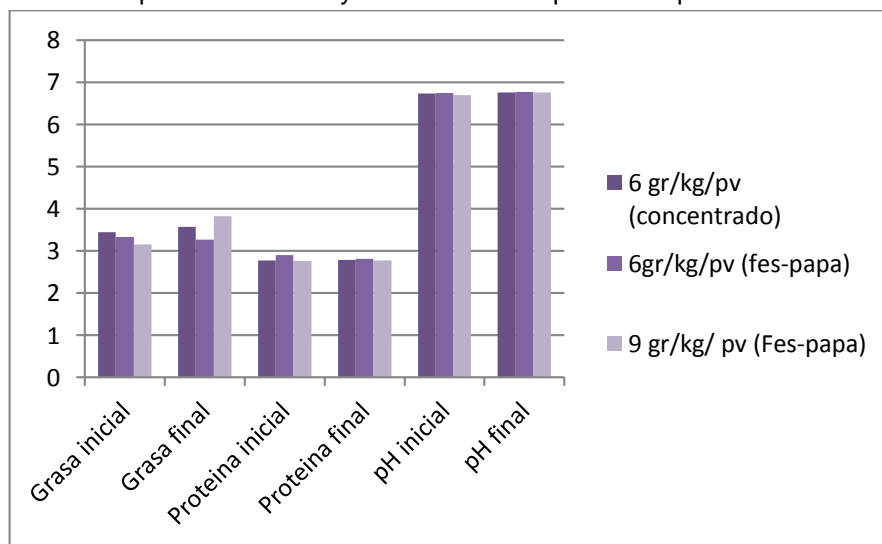
¹⁷⁰ MONTOYA. Op.cit., p. 241-249.

¹⁷¹ RUIZ. Op. cit., p. [Consultado: lunes 13 de junio de 2016].

Otro parámetro a tener en cuenta que junto con el porcentaje de grasa es de gran importancia para la comercialización y posterior transformación de la leche fresca es el pH, este se comportó dentro del estudio de forma muy estable (> 0.05), lo cual descarta la posibilidad que el suplemento fermentado pueda llegar a alterar este parámetro, de la misma forma lo reportan estudios hechos con alimentos que han sido sometidos a procesos similares de fermentación donde el pH de la leche no sufre alteraciones considerables que afecten dicho parámetro de calidad que afecte su comercialización¹⁷².

Parámetros como la lactosa no presentaron mayor variación con los diferentes niveles de inclusión del alimento estudio; igualmente sucedió con investigaciones hechas en vacas lecheras suplementadas con concentrado y pasturas, donde se pudo deducir que la lactosa es relativamente insensible a los cambios en las dietas de las vacas, siendo la subnutrición la única condición que altera el porcentaje de este componente en la leche¹⁷³.

Grafica 2. Calidad composicional inicial y final de la leche producida por las vacas en estudio



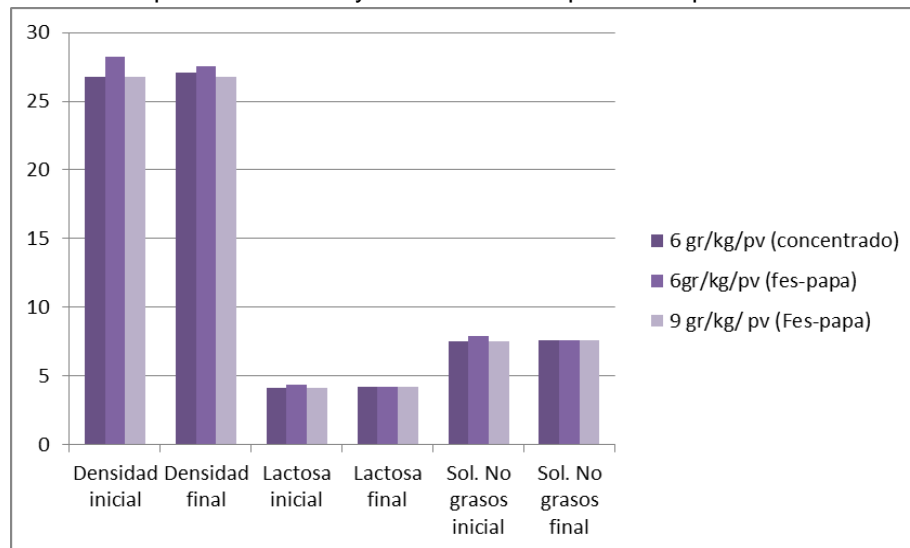
Fuente: Los autores

¹⁷² CORDOVEZ M, Caracterización y efecto de bioensilaje en la producción y calidad de la leche bovina, 2015, <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4282#sthash.o76SUpSr.dpuf>, [Consultado: lunes 13 de junio de 2016].

¹⁷³ FONSECA F, Factores que afectan a composicao e secrecao de leite, 1985, <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/28541/2/art7.pdf>, [Consultado: jueves 16 de junio de 2016].

Al igual que la producción de leche no se encuentran diferencias significativas entre los pesos corporales de los animales, es de anotar que estos animales se encuentran en un sistema de pastoreo rotacional, la base forrajera de estos animales fue el Kikuyo, presentado como monocultivo del mismo, pero es importante también conocer que durante el periodo de evaluación del trabajo correspondió a los meses de abril, mayo y junio, los cuales coincidieron con una época de verano intenso lo que limitó la oferta forrajera y es posible que haya incidido sobre los indicadores de producción (leche y peso), sin embargo hay ganancias de peso y especialmente se mantuvo al finalizar una condición corporal promedio (3,5), lo cual es aceptable para la etapa productiva de los animales. Sin embargo la alimentación con grandes cantidades de papas y de concentrado puede tener un efecto adverso sobre la fibra en la dieta, lo que resulta en una tendencia (-5%) para una ganancia diaria reducida y una menor eficiencia de energía¹⁷⁴.

Grafica 3. Calidad composicional inicial y final de la leche producida por las vacas en estudio



Fuente: Los autores

¹⁷⁴ SMITH S, Nitrogen metabolism in the rumen and the composition and nutritive value at nitrogen compounds entering the duodenum, 1975, McDonald y Warner, A.C.I. Digestion and metabolism in the ruminant. pag 399.

8.3 EFECTO DEL ALIMENTO FES-papa SOBRE LA GANANCIA DE PESO DIARIA

El peso corporal de los animales aumento de forma constante a lo largo del estudio. Este parámetro no presento variación estadística (> 0.05), indicando que el alimento FES-papa se comporta igual que el alimento concentrado comercial. Otras investigaciones demuestran que al someter la papa a un proceso fermentativo como en el caso del ensilaje de papa se obtiene un alimento con un valor nutritivo similar al de una buena pradera. Para el caso de FES-papa fue posible producir un alimento proteico-energético que dio resultados similares a los de un alimento comercial de alto valor nutricional y económico, logrando de esta manera disminuir los costos de producción los cuales abarcan más del 50% del total de gastos mensuales en un hato lechero.

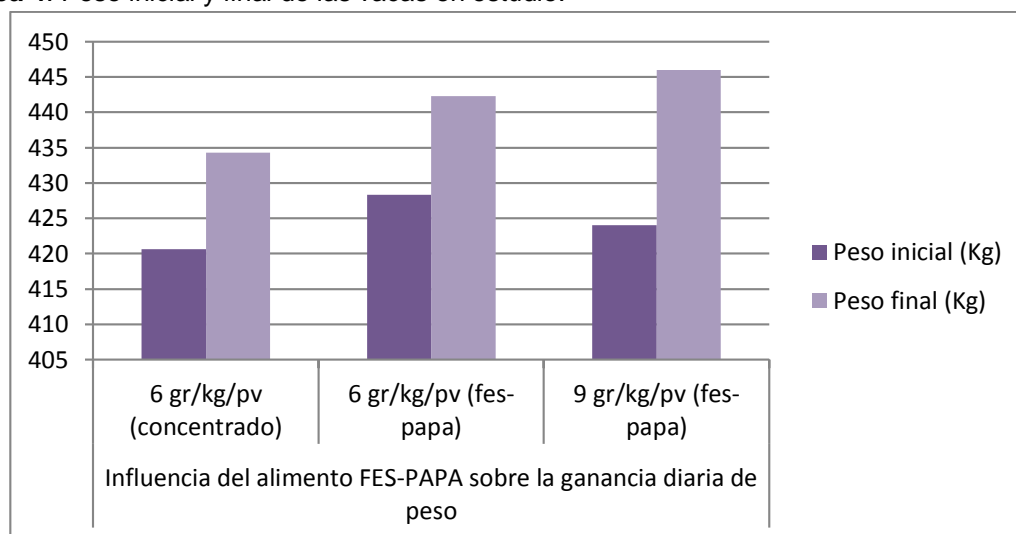
En la tabla 15, se puede apreciar el comportamiento de los animales ante los diferentes tratamientos alimenticios a base de FES-papa y forraje, o concentrado y forraje, mostrando así un aumento de 14 kg de peso vivo entre peso inicial y peso final al culminar el estudio para los tratamientos T1 y T2, mientras que T3 mostro un aumento de 22 kg de peso vivo al finalizar el estudio, lo cual demuestra la calidad nutricional del alimento FES-papa al compararlo con un alimento comercial de gran utilización en la región como suplemento animal, cabe aclarar que el kilo de alimento concentrado cuesta más del doble que un kilo de FES-papa.

Tabla 15. Influencia del alimento FES-papa sobre la ganancia diaria de peso.

Variables	T1 6 gr/kg/pv (concentrado)	T2 6gr/kg/pv (fes-papa)	T3 9 gr/kg/ pv (Fes-papa)	EE± y sign
Peso inicial (Kg)	420,67	428,33	424,00	6,94 P=0,7650
Peso final (Kg)	434,33	442,33	446,00	4,43 P=0,3550

Fuente: Los autores

Grafica 4. Peso inicial y final de las vacas en estudio.



Fuente: Los autores

8.4 CONSUMO DEL SUPLEMENTO

El consumo del suplemento se midió por oferta y rechazo del mismo, al realizar la adecuación del comedero en el momento del ordeño (fue recubierto con plástico), y se pudo garantizar el seguimiento del consumo de diferentes suplementos; es importante anotar que durante el tiempo de evaluación los animales consumieron en su totalidad el suplemento ofertado, demostrando así su gran palatabilidad y fácil aceptación del mismo por los animales estudio.

El estudio es el primero en el cual se oferta un alimento a base de papa producido bajo la tecnología de fermentación en estado sólido, no hay bibliografía respecto al tema que pueda soportar y constatar la aceptación rápida de este alimento por parte de los animales en estudio.

8.5 RESULTADOS SEROLOGICOS

Los resultados serológicos, no muestran diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (> 0.05). Los valores de referencia para bovinos son:

- **Colesterol**

El colesterol generalmente tiene unos rangos que oscilan entre los 50- 230 mg/dl¹⁷⁵. Los valores reportados estuvieron en un rango de 150-220 mg/dl encontrándose así dentro de los valores normales reportados por la literatura.

Los valores límites de este parámetro reportados en la literatura estándar de consulta son muy amplios. Otros autores reportan un promedio de 110+/-32 mg/dl¹⁷⁶, estos valores son muy similares a los reportados por otros autores que señalan de 110 mg/dl con extremos entre 64 y 193 mg/100 ml¹⁷⁷. Aunque para otros estudios el promedio es de 195 mg/dl¹⁷⁸.

- **Glucosa**

Los niveles de glucosa de las vacas en estudio, se mantuvieron en rangos muy similares entre sí demostrando que el aporte nutricional del alimento FES-papa es de alta calidad al igual que el concentrado.

Los niveles de glucosa en sangre para el presente estudio estuvieron entre 50 – 82 mg/dl, los cuales están dentro de los valores normales reportados por la literatura que indica promedios de 68,2 mg/d¹⁷⁹. Otros autores encontraron en vacas lecheras traídas a Venezuela desde Wisconsin, valores de hasta 120 mg/dl, que disminuyeron bruscamente desde los dos meses de su llegada al país hasta niveles comprendidos entre 50 y 60 mg/dl¹⁸⁰.

¹⁷⁵ COFFIN D, Manual of veterinary clinical pathology, 1996, 3rd. Edit, Cornell university press, Ithaca, N.Y.

¹⁷⁶ BOYD E, Species variation in normal plasma lipids estimated by oxidative micromethods, 1942, Biol. Cham, 143, 131 – 132.

¹⁷⁷ TASHJLAW R, Snyder J, Das K, Blood Studies of 32 Clinically Normel Ayrshire Cattle, 1968, The Cornell Veterinarian

¹⁷⁸ COLBY R, Ware J, Baker J, Lyman C, The relationship of various blood constituents to rate of gain in beef cattle, 1950, J. Anim.Sci. 9. 652.

¹⁷⁹ DI MICHELE de Rosa, S Valores de N-ureico, Creatinina, Fosfatasa Alcalina, Transaminasas (GOT y GPT), Glucosa y Colesterol en Bovinos, Ovinos, Caprinos, Caballos y Perros. Valores de Fosfatasa Alcalina, GOT y GPT, en Ratones, Hamsters, Ratones, Cobaycs y Conejos, 1971, Rev. Méd. Vet. y Paras. 24, 87-102.

¹⁸⁰ VALERI H, Colvee P, Reacción al trópico de bovinos holstein importados a Venezuela, 1970, Rev. med. vet. y paras. (maracay). 23, 109-158.

- **Proteínas totales**

En el presente estudio se observaron valores dentro de rangos que van desde 7,2 – 8,9 g/dl; los cuales concuerdan con estudios realizados sobre química sanguínea donde se evalúan proteínas totales y sus promedios se encuentran en 7,54 g/dl¹⁸¹¹⁸². Por otro lado otros autores mencionan que estudios previamente realizados arrojaron resultados que estuvieron dentro de un rango de 6,2 – 8,2 g/dl¹⁸³, ratificando que los niveles de proteínas en el presente estudio están dentro de valores normales para la especie bovina.

- **pH**

En cuanto al análisis de pH en orina realizado a los animales en estudio, se pudo observar que se mantuvo el pH desde el principio en valores de 8 – 8,5, estando en los rangos normales reportados por la literatura los cuales dan indicios de tener un valor normal dentro de 7,33 – 7,45 en la escala de pH¹⁸⁴.

Después de suministrar el alimento FES-papa, los valores de pH no se vieron afectados ya que se mantuvieron dentro del rango inicialmente descrito, demostrando de esta manera que este alimento no afecta de ninguna forma el pH urinario de los semovientes que lo consuman.

- **Cetonas (Betahidroxibutirato)**

Las vacas en estudio presentaron valores de 0mg/dl de cetonas, tanto antes como después de suministrar el alimento FES-papa, demostrando que este alimento no

¹⁸¹DUKES H, The Physiology of Domestic Animals, Comstock Publishing Associates, 1955, Ithaca, N. Y. 7th. Edit.

¹⁸² PERK K, Lobl K, Chemical and Electrophoretic Studies of the Serum of Cattle infected naturally with Asia, 1961 I Type Foot and Mouth Disease Virus. Am. J. Vet. Res. 22, 217-223.

¹⁸³ CSEH S, valores de referencia de química sanguínea de bovino, 2013, INTA, Balcarce, http://www.lab9dejulio.com.ar/informacion-tecnica/parametros-hematologicos-y-bioquimicos-sericos-de-distintas-especies_a289, [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

¹⁸⁴ GASQUER, Enciclopedia bovina, 2008, http://www.fmz.unam.mx/fmvz/e_bovina/05CaracteristicasGeneralesdeBovinos.pdf, 1ra edición pag 231-233, [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

favorece el desarrollo de patologías como la cetoacidosis ruminal a los bovinos que la consuman.

La literatura reporta que animales con valores de betahidroxibutirato superiores a 1,2 mmol/L, presentan cetosis subclínica, así mismo se puede considerar que una vaca padece cetosis subclínica cuando los niveles de BHB en sangre están entre 1 y 2,9 mM (por encima de 3,0 mM, las consecuencias suelen ser visibles, y por tanto el proceso pasa a ser clínico)¹⁸⁵.

De esta forma se demuestra que el alimento FES-papa no altera los niveles de cuerpos cetónicos en sangre, estos resultados indican que dicho alimento posee una ventaja frente a los ensilados tradicionales, los cuales se implementan en épocas de escasez en muchas explotaciones ganaderas, además la mala calidad de los silos es la causa más frecuente que conlleva a la cetoacidosis, estos silos son conocidos como “ensilados cetogénicos”. Este es el caso de silos de hierba con altos niveles de humedad, que resultan en fermentaciones durante el proceso de ensilado que producen elevadas concentraciones de ácido butírico¹⁸⁶.

Por otro lado, la ración preparto puede también predisponer a cetosis. Tradicionalmente, se ha recomendado ofrecer raciones de preparto con una alta densidad energética para evitar la movilización de reservas corporales antes del alumbramiento con la intención de minimizar la incidencia de cetosis e hígado graso en el posparto. Sin embargo, los últimos estudios indican que este tipo de raciones resultan en una disminución de la ingestión antes del parto y que predisponen a las vacas a padecer trastornos metabólicos posparto, más que prevenirlos. Por tanto, raciones altas en energía en el preparto pueden, por una parte, inducir descensos

¹⁸⁵ Ibid., p. 22, 217-223

¹⁸⁶ JIMENEZ. Op.cit., p., [Consultado: Sábado 02 de julio de 2016]

del consumo de materia seca y, por otra, aumentar el riesgo de hígado graso y cetosis¹⁸⁷.

Tabla 16. Variables de química sanguínea

Variable	T1 6 gr/kg/pv (concentrado)	T2 6gr/kg/pv (fes-papa)	T3 9 gr/kg/ pv (Fes-papa)	EE± y sign
BHB (Cetonas)	0	0	0	
pH inicial	6,74	6,75	6,74	0,01 P=0,9771
pH final	6,79	6,77	6,77	0,02 P=0,6101
Colesterol inicial (80-120 Mg/dl)	186,08	184,92	180,67	4,82 P=0,7087
Colesterol final	192,33	202,92	205,92	6,13 P=0,2803
Proteínas inicial (7- 8.5 gr/dl)	8,09	8,22	8,08	0,08 P=0,4124
Proteínas final	7,65 ^a	7,90 ^{ab}	8,13 ^b	0,11 P=0,0251
Glucosa inicial (45 - 75 Mg/dl)	74,50	68,67	71,67	2,03 P=0,1539
Glucosa final	76,50	76,58	81,17	2,81 P=0,4205

Fuente: Los autores

¹⁸⁷ BACH A, Consecuencias de la cetosis subclínica en la vaca lechera y cómo detectarla y prevenirla, 2014, <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/11708/articulos-rumiantes-archivo/consecuencias-de-la-cetosis-subclinica-en-la-vaca-lechera-y-como-detectarla-y-prevenir-la.html>, [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

8.6 IMPACTO ECONÓMICO DEL ALIMENTO FES-papa EN LOS HATOS LECHEROS

La alimentación es uno de los rubros que abarca más del 50% de los costos totales de producción de leche, esto hace necesario nuevas alternativas forrajeras que sean viables económicamente y que aporten un contenido racional de nutrientes al hato lechero¹⁸⁸. Es común encontrar en los hatos lecheros una baja rentabilidad debido a la elevada inversión que se debe hacer en alimentos y materias primas para asegurar una producción constante y de calidad que permita su fácil comercialización.

Información de otros países latinoamericanos como Costa Rica reportan costos de producción del 60%, de los cuales el 82% corresponde a alimentos balanceados (concentrados), hechos a base de harina de soya y maíz cuyo aumento en el precio está dado por la implementación de maíz para la producción de alcoholes y biocombustibles en los estados unidos¹⁸⁹, y por tal motivo crece la demanda de materias primas trayendo consigo una competencia por estas entre la industria y la alimentación tradicional en la dieta de los bovinos.

Para mejorar la rentabilidad del negocio lechero hay que buscar alternativas de alimentación a bajo costo, pero que garanticen un adecuado aporte de nutrientes para que los animales puedan expresar al máximo su potencial genético representado en la producción de leche; es aquí donde se ve reflejado el impacto económico positivo que tiene el FES-papa, el cual mediante un proceso fermentativo permite la conservación y mejoramiento nutricional de la papa, la cual es abundante en la región y se ha constituido como una alternativa de suplementación en la ganadería regional.

¹⁸⁸ HAZARD, T., Op. cit., p., 38-41.

¹⁸⁹ OTERO. Op.cit., p., [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

La conservación de forrajes mediante la técnica de ensilaje emerge como una alternativa viable para que los productores dispongan de recursos forrajeros de calidad durante todo el año¹⁹⁰, garantizando una carga animal, volumen de producción y parámetros reproductivos óptimos para el hato incluso en épocas de escasez.

La presente investigación data la elaboración de un alimento a base de papa mediante un proceso tecnológico como lo es la fermentación en estado sólido; con ello se busca disminuir los costos de alimentación casi en un 50%, ya que la inversión para producir un kilogramo de alimento FES-papa es de \$415, mientras que el alimento concentrado suministrado habitualmente tiene un costo de \$1.162 por kilogramo. Encontrando una diferencia de \$747 por kilogramo de alimento suministrado a las vacas del hato lechero.

¹⁹⁰ OTERO. Op.cit., p., [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

CONCLUSIONES

- La respuesta productiva de las vacas en estudio fue favorable, ya que el comportamiento productivo como respuesta a los tres tratamientos alimenticios fue similar y no se evidencio alguna diferencia significativa entre los mismos.
- El alimento FES-papa logro aportar los requerimientos nutricionales necesarios para mantener la producción láctea en rangos óptimos similares a los obtenidos en vacas suplementadas con concentrados, lo cual indicaría que es posible reemplazar este alimento por FES-papa.
- Debido a la gran facilidad de elaboración, almacenamiento y corto periodo de fermentación, el alimento FES-papa se convierte en una de las principales alternativas de suplementación en tiempos de escasez de alimento a un bajo costo.
- Los parámetros a evaluar en cuanto a calidad de leche fueron proteína, grasa, pH, lactosa, densidad y solidos no grasos, en los cuales no se encontraron diferencias entre los tratamientos, demostrando así una vez más la eficacia del FES-papa frente al concentrado.
- El costo de producción de un kg de FES-papa es de \$415, mientras un kg de alimento concentrado cuesta \$1162, encontrando así una diferencia de \$747, de esta forma al implementar el FES-papa como fuente de suplementación es posible disminuir los costos de producción e incrementar la rentabilidad del negocio lechero.
- Al someter la papa al proceso de fermentación en estado sólido se obtiene un alimento energético-proteico el cual al ser ofrecido a los animales en cantidades

de 9 gr/kg/pv se obtienen ganancias de peso superiores, demostrando así su gran viabilidad como suplemento en épocas difíciles.

- La aceptación por parte de los animales demuestra la alta palatabilidad de este alimento, la cual se logró gracias a la adecuada elaboración, almacenamiento y manejo del mismo permitiendo una óptima fermentación y así evitando la proliferación de flora patógena que pudiese alterar las características organolépticas del alimento y por ende la gustosidad de este.
- Al realizar el análisis de las pruebas serológicas de las vacas en estudio, no se encontraron variaciones significativas entre los diferentes tratamientos ni antes ni después de ser suministrados, por lo que podemos concluir que es un alimento confiable a la hora de pensar en reemplazar el concentrado por FES-papa, logrando disminuir los costos de producción que afectan la rentabilidad del hato y que son motivo de preocupación para los productores de la región y del país.
- En todos los parámetros evaluados, el alimento FES-papa logró igualar la respuesta alcanzada por el concentrado, demostrando que este alimento elaborado con materias primas de la región es una excelente alternativa de suplementación para hatos lecheros ya que cumple a cabalidad con los requerimientos nutricionales de la especie bovina y además no causa alteraciones sobre la salud y el bienestar de los animales que lo consumen.
- Al someter la papa a un proceso fermentativo como en el caso del ensilaje de papa se obtiene un alimento con un valor nutritivo similar al de una buena pradera. Para el caso de FES-papa fue posible producir un alimento proteico-energético que dio resultados similares a los de un alimento comercial de alto valor nutricional y económico, logrando de esta manera disminuir los costos de producción los cuales abarcan más del 50% del total de gastos mensuales en un hato lechero.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio con las mismas condiciones de alimentación pero con un grupo mayor de animales para desarrollar un análisis poblacional del comportamiento del alimento FES-papa frente a un alimento comercial donde se evalúen parámetros productivos de la especie bovina.
- Realizar un estudio en otras especies de rumiantes.
- Realizar un estudio similar con animales de engorde, ya que como se evidencio a lo largo de este estudio, si se suministran 9 gr/kg de peso vivo de FES-papa se logran ganancias de peso superiores al de los otros tratamientos.
- Evaluar los parámetros fermentativos del rumen en animales alimentados con FES-papa.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN M. S, Mertens M, Evaluating constraints on fiber digestión by rumen microbes, 1988, J. Nutr. 118:261-270.
- AITCHISON E, Gill M, Dhanoa M, Osbourn D, The effect of digestibility and forage species on the removal of digesta from the rumen and the voluntary intake of hay by sheep, 1986, Brit. J. Nut. 56: pag 463-476.
- ANDRADE R, Et all, Características productivas y de gestión de fincas lecheras en Boyacá, 2008, Rev.MVZ Córdoba vol 13no.2 Córdoba May/Aug, 2008.
- ARAUJO O, Vergara J, Propiedades físicas y químicas del rumen, 2007, Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 15 (Supl. 1), Pas 133-140.
- BETANCOURT J, Cuastumal Rodríguez S, Navia J, Insuasty E. Alimentación de vacas holstein con suplemento de papa de desperdicio (*Solanum tuberosum*) y acacia negra (*acacia decurrens*), y su efecto en la calidad de leche, 2012, revista investigación pecuaria, Vol 1, No 3; p 41-51.
- BOYD E, Species variation in normal plasma lipids estimated by oxidative micromethods, 1942, Biol. Cham, 143, 131 – 132.
- COFFIN D, Manual of veterinary clinical pathology, 1996, 3rd. Edit, Cornell university press, Ithaca, N.Y.
- COLBY R, Ware J, Baker J, Lyman C, The relationship of various blood constituents to rate of gain in beef cattle, 1950, J. Anim.Sci. 9. 652.
- CORREA HJ, Simulación del balance de energía y proteína en un hato lechero del oriente antioqueño, 1999, Rev Col Cienc Pec, 12 – Suplemento: 57.
- COSTA M, Torres M, Magariños H, Reyes A, Production and partial purification of *Aspergillus ficuum* hydrolytic enzymes in solid state fermentation of agroindustrial residues. Rev. Colomb. Biotecnol. (Bogotá) 2010, 12(2):163-175. Citado por Moyano, Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (*solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal, 2014.
- DUNIÉREA L, Sindoub J, Chaucheyras F, Chevallier I, Thévenot D, Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms,

2013, *Animal Feed Science and Technology*, 182: 1-15. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2013.04.006.

DUKES H, *The Physiology of Domestic Animals*, Comstock Publishing Associates, 1955, Ithaca, N. Y. 7th. Edit.

DEHAQUIZ Y, Zambrano S, Diagnóstico situacional y ambiental de la cadena láctea del Departamento de Boyacá, 2012, *Revista In Vestigium Ire*. Vol. 5, p.p 37 – 46.

DI MICHELE de Rosa, S Valores de N-ureico, Creatinina, Fosfatasa Alcalina, Transaminasas (GOT y GPT), Glucosa y Colesterol en Bovinos, Ovinos, Caprinos, Caballos y Perros. Valores de Fosfatasa Alcalina, GOT y GPT, en Ratas, Hamsters, Ratones, Cobaycs y Conejos, 1971, *Rev. Méd. Vet. y Paras.* 24, 87-102.

ELIAS A, Lezcano O, Herrera F, Algunos indicadores bromatológicos y productos finales de la fermentación para la obtención de cuatro tipos de Saccharina inocilados con Vitafert, 2001, *Rev. Cubana Cienc. Agric*, 35(2):153-158.

ELIAS A, Lezcano O, Lezcano P, Cordero J, Quintana L, Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteínico en la caña de azúcar mediante fermentación sólida (Saccharina), 1990, *Rev. Cubana Cienc. Agric*, 24(1):3-12.

FIDALGO L, Rojas J, Ramos J, *Patología médica veterinaria: libro de texto para la docencia de la asignatura*, 2003, 2da edición, Pag 349 – 351.

GOHL B, *Tropical feeds, Food and agriculture organization of the United Nations*, 1992, Software development by Oxford Computer Journals. Version 30.

HAZARD, T, Sabe usted como alimentar sus vacas lecheras, investigación y progreso agropecuario. Carillanca, 9, (4): 38-41.

HERRERA J, Naranjo N, Gurrola J, Almaraz N, La avena cultivo, ensilado y aprovechamiento, 2007, Ed División, Durango México. pp 41-153

MADALENA F, Paiba J, Teodoro R, Comparative performance of six Holstein Friesians X Guzera grades in Brazil, Parte 6, Breed additive and heterosis effects on components of feed conversion efficiency in Heifers, 1992, *Revista Brasileira de Genetica*, Vol 15, No 3; p 395-600.

McGUFFEY R, Symanowskil J, Kubel J, Shirleyz J, Wallace R, and Clark J, Variation in feed intake as a predictor for the subsequent occurrence of health conditions in the postpartum transition cow, 1997, *Journal of Dairy Science* Vol 80, Suppl. 1.

PASTRANA L, Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria, 1996, Ciencia y Tecnología Alimentaria (Mexico), 1(3): 4-12.

PERK K, Lobl K, Chemical and Electrophoretic Studies of the Serum of Cattle infected naturally with Asia, 1961 I Type Foot and Mouth Disease Virus. Am. J. Vet. Res. 22, 217-223.

PÉREZ Quilantan LM, Fermentación en estado sólido del Mijo de perla (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) por *Rhizopus oligosporus* para la obtención de un producto rico en proteína, 1996, [Tesis de maestría], Monterrey: Facultad de ciencias biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

RODRÍGUEZ G.F, Llamas L.G, Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal, Citado por: R.A. Castellanos, L.G. Llamas y S.A. Shima, Eds. Manual de técnicas de investigación en ruminología. Sistemas de educación continua en producción animal en México, A.C. México, D.F. pp. 95-126.

RODRIGUEZ A, Grande G, Perusia O, Padoán C, Maiztegui J, Trastornos metabólicos en los animales domésticos, 1995, Nuestras Experiencias. 2ª edición. Editorial Círculo de Medicina Veterinaria.

SALFER J, et all, Early lactation responses of holstein cows fed a rumen inert fat prepartum, postpartum or both. En: Journal of Dairy Science. Vo1.75; NO.2 (1995); p.368. 41.

SHIMADA Y.A, Metabolismo de los carbohidratos. Citado por: Pérez D.M. Ed. Manual sobre ganado productor de leche. Ed. Diana México, 1991, pp. 44-63.

SMITH S, Nitrogen metabolism in the rumen and the composition and nutritive value at nitrogen compounds entering the duodenum, 1975, McDonald y Warner, A.C.I. Digestion and metabolism in the ruminant. pag 399.

THOMAS P.C, Rook J.A.F, Manipulation of rumen fermentation. Recent advances in animal nutrition. William H, y Dyfed L, 1997, p 83-109.

TASHJLAW R, Snyder J, Das K, Blood Studies of 32 Clinically Normel Ayrshire Cattle, 1968, The Cornell Veterinarian.

VALERI H, Colvee P, Reacción al trópico de bovinos holstein importados a Venezuela, 1970, Rev. med. vet. y paras. (maracay). 23, 109-158.

VERGARA, La ganadería extensiva y el problema agrario. El reto de un modelo de desarrollo rural sustentable para Colombia, 2010, Revista de Ciencias Animales 3:45-53.

WILLIAMS, P.E.V, The mode of action of yeast culture ruminants diets: review of the effect on rumen fermentation patterns, 1989, In: T.P. Lyons Eds. Alltech's 5th Annual symposium on Biotechnology in the Feed Industry. Nicholasville. K.Y.

WILTBANK JN, Effect of level of nutrition on growth and reproduction of beef females, 1982, Georgia Nutrition Conference, 16-18 February 1982, pp 138-146.

YOKOYAMA M, Johnson K, Microbiología del rumen e intestino, 19988, El rumiante Fisiología digestiva y nutrición C. D, Ed Church, Editorial Acribia.

INFOGRAFÍA

ALMEYDA M, Manejo y alimentación de vacas productoras de leche en sistemas intensivos (Parte I), 2010, <http://www.actualidadganadera.com/articulos/manejo-y-alimentacion-de-vacas-productoras-de-leche-en-sistemas-intensivos-parte-1.html>, [Consultado: lunes 05 de septiembre de 2016].

Alltech, Fermentación en estado sólido, 2010, <http://es.alltech.com/future-of-farming/alternative-feeds>. [Consultado: martes 29 de diciembre de 2015].

Albéitar Portal Veterinaria, Colesterol en bovinos, 2001, <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3323/articulos-rumiantes-archivo/colesterol-en-bovinos.html>. [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016]

Bach A, Consecuencias de la cetosis subclínica en la vaca lechera y cómo detectarla y prevenirla, 2014, <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/11708/articulos-rumiantes-archivo/consecuencias-de-la-cetosis-subclinica-en-la-vaca-lechera-y-como-detectarla-y-prevenirla.html>, [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

Cando M, Química sanguínea veterinaria "norton", 2011, <http://www.actiweb.es/veterinarianorton/archivo9.pdf>, [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria, Proyecto: "Ganadería Colombiana sostenible", 2010, http://www.cipav.org.co/areas_de_investigacion/Ganaderia_colombiana_sostenible_que_es.html. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

Campabadal C, Uso eficiente de los alimentos balanceados en la alimentación del ganado de leche, 2013, http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2013/Utilizacion_eficiente_de_los_alimentos_balanceados_Dr_Carlos_Campabadal_H_Costa_Rica.pdf. [Consultado: sábado 12 de diciembre de 2015].

Calvache I, Navas A, Factores que influyen en la composición nutricional de la leche, 2012, <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/1320/1206>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

Cordovez M, Caracterización y efecto de bioensilaje en la producción y calidad de la leche bovina, 2015, <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4282#sthash.o76SUpSr.dpuf>, [Consultado: lunes 13 de junio de 2016].

CSEH S, valores de referencia de química sanguínea de bovino, 2013, INTA, Balcarce, http://www.lab9dejulio.com.ar/informacion-tecnica/parametros-hematologicos-y-bioquimicos-sericos-de-distintas-especies_a289, [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

De la alimentación a la leche: Comprendiendo la función del rumen, 2011, <http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/nutrition-and-feeding/rumen-function/de-la-alimentacion-a-la-leche-comprendiendo-la.-funcion-del-rumen>. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

Fonseca F, Factores que afectan a composicao e secrecao de leite, 1985, <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/28541/2/art7.pdf>, [Consultado: jueves 16 de junio de 2016].

Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal, FEDNA, Patata entera deshidratada, 2010, http://www.fundacionfedna.org/Ingredientes_para_piensos/patata-entera-deshidratada. [Consultado: viernes 01 de abril de 2016].

Galaviz J, Cómo alimentar a la vaca en producción de leche, Unión ganadera regional de Jalisco, 1999, http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=505. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

García A, Hippen A, Alimentación de las vacas lecheras para condición corporal, Dairy Science Department, SDSU, 2012, http://web.altagenetics.com/español/DairyBasics/Details/3086_Alimentacion-de-las-vacas-lecheras-para-condicion-corporal.html. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

Gasque R, Enciclopedia bovina, 2008, http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e_bovina/05CaracteristicasGeneralesdeBovinos.pdf, 1ra edición pag 231-233, [Consultado: Domingo 03 de julio de 2016].

Hazard T, Composición y calidad de la leche, 2006, <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR33262.pdf>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

Hazard S, Manipulación de la composición de la leche bovina a través de la alimentación, 2015, http://web.altagenetics.com/espanol/DairyBasics/Details/11139_Manipulacion-de-la-composicion-de-la-leche-bovina-a-traves-de-la-alimentacion.html. [Consultado sábado 10 de septiembre de 2016]

Herrera J, Sistema de producción de leche en granjas bovinas familiares, Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación, 2010, <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Sistema%20de%20producci%C3%B3n%20de%20leche%20en%20granjas%20bovinas%20familiares.pdf>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

ICA advierte sobre el riesgo sanitario en los cultivos de papa, cebolla y ajo que no se recojan a tiempo, 2013, <http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2013/ICA-advierte-sobre-el-riesgo-sanitario-en-los-cult.aspx>. [Consultado: viernes 01 de abril de 2016].

Idexx laboratorios, Guía de Interpretación Rápida – Bioquímica Clínica, 2016, <http://www.idexx.es/smallanimal/reference-laboratories/support/interpretation-guide.html>, [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

Instituto nacional agropecuario, Censo pecuario nacional 2015, 2015, <http://www.ica.gov.co/getdoc/8232c0e5-be97-42bd-b07b-9cdbfb07fcac/Censos-2006.aspx>. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

Jiménez A, Estudio económico sobre monitorización de BHB y tratamiento con propilenglicol en vacas de leche, 2015, <http://www.reprodaction.com/es/Trials-y-Articulos/2015.01.02-Estudio-economico-sobre-monitorizacion-de-BHB-y-tratamiento-con-propilenglicol-en-vacas-de-leche>, [Consultado: Sábado 02 de julio de 2016]

Leen S, Biocombustibles, 2012, <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/biofuel-profile>, [Consultado: lunes 05 de septiembre de 2016].

Monje A, Estrategias de alimentación para los sistemas de producción de carne vacuna ante situaciones de déficit de forraje, 2006, <http://www.elsitioagricola.com/gacetillas/concepcion/co2016gacetillas/20060602alimentacion.asp>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

Montoya N, Pino ID, Correa HJ, Evaluación de la suplementación con papa (*solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein, 2004, Rev Col CiencPec (Medellin), 17(3): 241-249.

Moyano, M, Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (*Solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal, 2014, <http://66.165.175.249/handle/10598/2545>. [Consultado: viernes 01 de abril de 2016].

Oficina regional de la FAO para América latina y el caribe, Ganadería sostenible y cambio climático, 2013, <http://www.rcl.fao.org/es/temas/ganaderia-sostenible-ycambio-climatico/>. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

Otero M, Producción bovina en Colombia, historia de la ganadería bovina en Colombia, 2013, <http://tecnicosostenible.blogspot.com.co/2013/01/produccion-bovino-en-colombia-historia.html>. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

Ortega A, Cambio de peso a través de la lactancia en vacas holstein de un hato del oriente antioqueño, 1997, <http://www.bdigital.unal.edu.co/30008/1/28749-103084-1-PB.pdf>. [Consultado: miércoles 06 de abril de 2016].

Parsi J, Godio L, Miazzi R, Maffioli R, Echevarría A, Provencal P, Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas, 2001, http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf. [Consultado: lunes 04 de abril de 2016].

Proaño J, Evaluación del uso de papa (*Solanum tuberosum*) de rechazo como suplemento alimenticio para vacas Holstein durante la lactancia en Pichincha-Ecuador, 2013, <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1911/1/104841.pdf>. [Consultado: Domingo 12 de junio de 2016].

Regueiro M, Van Lier E, Departamento de producción animal y pasturas, Curso de anatomía y fisiología animal, Digestión en retículo-rumen, 2008, <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/AFA/TEORICOS/Repartido-Digestion-en-Reticulo-Rumen.pdf>. [Consultado: viernes 11 de diciembre de 2015].

RODRÍGUEZ E, Tipos de pH, 2013, <http://www.es.slideshare.net/Yadirithap/tipos-de-ph-document>, [Consultado: Sábado 02 de julio de 2016].

Ruiz J, Evaluación de la producción y calidad de la leche en vacas Holstein de primer parto suplementadas con ensilaje de papa, 2006, <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6663/00780780.pdf?sequence=1>. [Consultado: lunes 13 de junio de 2016].

UNAD, Antecedentes de la ganadería en Colombia, 2015, <http://datateca.unad.edu.com/contenidos/201522/lectura-leccionevaluativa1.pdf>. [Consultado: jueves 10 de diciembre de 2015].

Siebold E, Goic L, Matzner M, Alimentacion de rumiantes con papa de desecho, 2011, http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/99-papa.pdf, [Consultado: Viernes 17 de junio de 2016].

Universidad nacional del litoral facultad de cs. Veterinarias cátedra de fisiología- año 2009 trabajo complementario n° 1, Material de laboratorio – su limpieza. Material de laboratorio en hematología extracción de sangre uso de anticoagulantes, 2009, www.fcv.unl.edu.ar/archivos/grado/catedras/.../01Limpiezayextracciondesangre.doc, [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

Zapata W, Fajardo H, Manual de química sanguínea veterinaria, 2010, http://www.microclin.com/archivos/manual_de_quimica_sanguinea_veterinaria_Zapata_Fajardo.pdf, [Consultado: Sabado 02 de julio de 2016].

ANEXOS

ANEXO A. Almacenamiento de las materias primas.



ANEXO B. Proceso de picado de la papa.



ANEXO C. Proceso de picado de la papa



ANEXO D. Elaboración del alimento FES-papa



ANEXO E. Alimento FES-papa



ANEXO F. Empacado del alimento FES-papa



ANEXO G. Suplementación de las vacas con el alimento FES-papa



ANEXO H. Pesaje de la leche producida por las vacas en estudio.



ANEXO I. Pesaje de las vacas en estudio con cinta pesadora

